



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC 144542

**DESAIN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS
KAPASITAS 15.000 DWT DI PELABUHAN MURHUM
BAUBAU, SULAWESI TENGGARA**

AZFAJAR MAULANA KARIM
NRP 3114 040 606

Dosen Pembimbing 1:
Ir. Chomaedhi, CES. Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Dosen Pembimbing 2:
R. Buyung Anugraha A., ST.,MT.
NIP 19740203 200212 1 002

PROGRAM STUDI DIPLOMA IV TEKNK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - RC 144542

**DESIGN STRUCTURE OF CONTAINER JETTY
CAPACITY 15.000 DWT AT THE PORT MURHUM
BAUBAU, SOUTHEAST SULAWESI**

AZFAJAR MAULANA KARIM
NRP 3114 040 606

Main Advisor Lecture :
Ir. Chomaedhi, CES. Geo
NIP 19550319 198403 1 001

Co. Advisor Lecture:
R. Buyung Anugraha A., ST. MT.
NIP 19740203 200212 1 002

DIPLOMA 4 CIVIL ENGINEERING STUDY PROGRAM
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh November Institute of Technology
Surabaya 2016

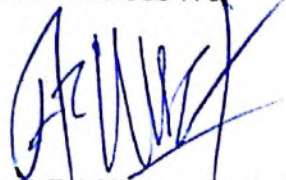
**DESAIN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS
KAPASITAS 15.000 DWT DI PELABUHAN MURHUM
BAUBAU, SULAWESI TENGGARA.**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan
pada
Program Studi Diploma IV Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Disusun oleh :

Mahasiswa



AZFAJAR MAULANA KARIM

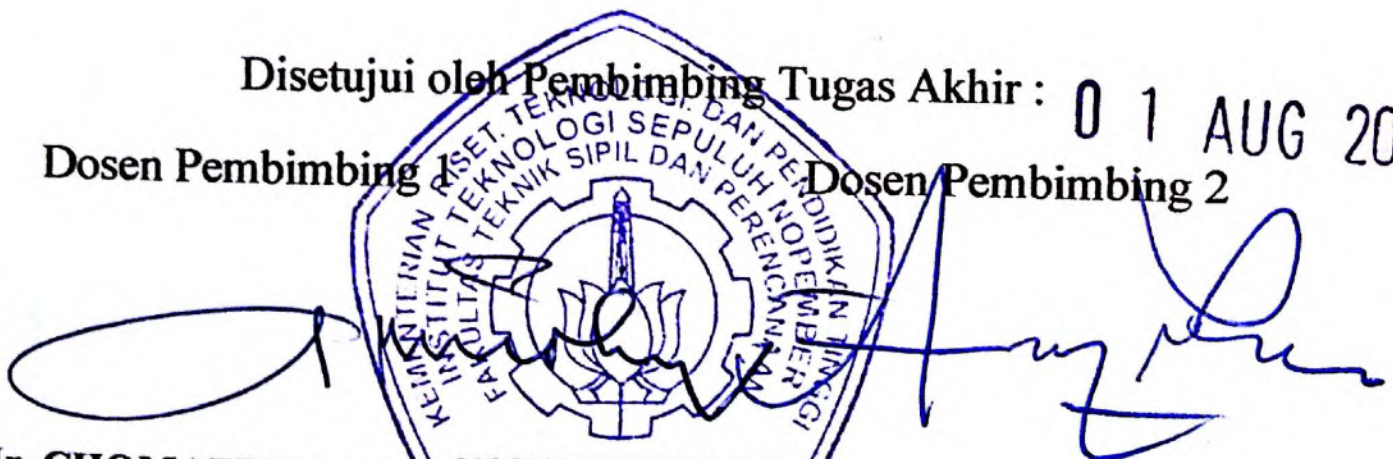
NRP. 3114 040 606

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

01 AUG 2016

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2



Ir. CHOMAEDHI, CES., Geo
NIP. 19550319 198403 1 001

R. BUYUNG ANUGRAHA A., ST., MT.
NIP 19740203 200212 1 002

SURABAYA, JULI 2016

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini saya:

Nama : ARFAZAR MAULAMA KARIM
Nrp : 3114 040 606
Jurusan / Fak. : DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL / FTSP
Alamat Kontak : JALAN MANYAR SAMBANGAN 103 D
a. Email : maulamaarfarazar.ani@gmail.com
b. Telp/HP : 0852 9945 7773

Menyatakan bahwa semua yang saya *upload* di Digital Library ITS merupakan hasil final (revisi terakhir) dari karya ilmiah saya yang sudah disahkan oleh dosen penguji. Apabila dikemudian hari ditemukan ada ketidaksesuaian dengan kenyataan, maka saya bersedia menerima sanksi.

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-Exclusif Royalti Free Right)** kepada Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya atas karya ilmiah saya yang berjudul:

DESAIN STRUKTUR PERMAGA PETI KEMAS KAPASITAS 15.000 DWT
DIPELABUHAN MURHUM PALEMBANG SULAWESI TENGGARA.

Dengan Hal Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data lain untuk kepentingan akademis tanpa meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini tanpa melibatkan pihak Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dosen Pembimbing 1

Dosen pembimbing 2

Ir. CHOMAEH, CES, ST

BOYUNG A.A., ST, MT.

NIP. 19550319 1981031 001

NIP. 19740203 200212 1 002

Dibuat di : Surabaya
Pada tanggal :
Yang menyatakan,

ARFAZAR M.K.

Nrp 3114 040 606

KETERANGAN:

Tanda tangan pembimbing wajib dibubuhi stempel jurusan.

Form dicetak dan diserahkan ke bagian Pengadaan saat mengumpulkan hard copy TA/Tesis/Disertasi

DESAIN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS KAPASITAS 15.000 DWT DI PELABUHAN MURHUM BAUBAU, SULAWESI TENGGARA.

Mahasiswa : Azfajar Maulana Karim
NRP : 3114 040 606
Program Studi : Diploma IV Teknik Sipil FTSP
ITS Surabaya
Dosen Pembimbing : Ir. Chomaedhi, CES. Geo
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Abstrak

Desain struktur dermaga peti kemas di pelabuhan Murhum Baubau, Sulawesi Tenggara adalah untuk menciptakan perkembangan ekonomi yang lebih baik sebagai salah satu kawasan industri. serta sistem transportasi yang lebih baik pula. Kawasan Baubau membutuhkan sebuah pelabuhan peti kemas yang dapat menghubungkan kawasan ini ke tempat-tempat yang lainnya dengan membawa berbagai hasil sumber daya alam. Untuk memenuhi harapan tersebut maka direncanakan dermaga yang dapat melayani kapal peti kemas 15.000 DWT.

Perencanaan yang dilakukan meliputi perencanaan tata letak, dimensi dermaga dan trestle, dimensi elemen struktur pelat, balok, pile cap dan tiang pancang serta perencanaan gaya sandar dan tambat kapal (fender dan bolder) sesuai Standart Design Criteria for Port in Indonesia (1984). Pembebanan gempa sesuai dengan RSNI Gempa untuk Jembatan (2013) .Untuk perhitungan penulangan struktur atas (plat, balok dan pile cap) sesuai ketentuan SNI 03-2847-2002. Struktur atas dermaga menggunakan beton bertulang cor ditempat dengan mutu beton $f_c' = 30 \text{ MPa}$. Sedangkan struktur bawah menggunakan SPP (Steel Pile

Pipe). Posisi pemancangan direncanakan sedemikian rupa agar mampu menahan gaya vertikal dan horizontal. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, dianalisis dengan menggunakan software SAP2000.14 dengan model 3D.

Dari hasil analisis pasang surut dan gelombang, diperoleh elevasi deck dermaga adalah 4,7 m di atas permukaan laut. Panjang dermaga 200 m dan lebarnya 29. Hasil perencanaan struktur jetty terdiri dari tebal plat dermaga 35 cm, dimensi balok crane 100cm x 200cm, balok melintang dan memanjang 100cm x 180cm. Dimensi pile cap tipe 1 200 cm x 200 cm x 150 mm untuk tiang tegak dan pile cap tipe 2 200cm x 400cm 150cm untuk tiang pancang miring. Tiang pancang tegak dan miring (1:6) direncanakan dengan dimensi yang sama 812,8mm, tebal 16mm. Sedangkan pada struktur trestle sepanjang 165 meter yang terbagi atas 3 segmen dengan lebar 7 meter yang direncanakan dilalui truk kontainer untuk 1 arah. Tebal pelat trestle 30 cm, dimensi balok memanjang dan melintang disamakan 350cm x 700cm. Digunakan pile cap (P3) dimensi 200cm x 200cm x 100cm dengan tiang pancang 762mm tebal 18mm. Untuk fasilitas sandar digunakan fender bridgestone “SM800H” dan fasilitas tambat digunakan bollard Maritime International MT- 50.

DESIGN STRUCTURE OF CONTAINER JETTY CAPACITY 15.000 DWT AT THE PORT MURHUM BAUBAU, SOUTHEAST SULAWESI.

Student : Azfajar Maulana Karim
NRP : 3114 040 606
Studies : Diploma IV Teknik Sipil FTSP
ITS Surabaya
Lector Advisor : Ir. Chomaedhi, CES. Geo
R. Buyung Anugraha A., ST., MT.

Abstract

Design structure container jetty at the port Murhum Baubau, Southeast Sulawesi is to create a better economic development as one of the industrial area. and transportation system which is better anyway. Baubau region requires a container port that can connect this area to other places with a variety of natural resource products. To meet these expectations, the planned pier to serve container ships of 15,000 DWT.

Planning made include planning the layout, dimensions jetty and trestle, the dimensions of structural elements shell, beams, pile cap and steel pile, as well as planning the style of berthing and mooring boats (fenders and bolder) according to Standard Design Criteria for Port in Indonesia (1984). Charging earthquake according to the Earthquake RSNI to the Bridge (2013). For calculation reinforcement of strukture upper (plate, beam and pile cap) in accordance with SNI 03-2847-2002. The structure on the pier using reinforced concrete cast in place with concrete quality $f_c' = 30$ MPa. While the bottom structure using SPP

(Steel Pipe Pile). Position erection planned in a way to be able to withstand the force of vertical and horizontal. In planning this jetty structure, analyzed using software SAP2000.14 with 3D models.

From the analysis of tides and waves, obtained pier deck elevation is 4.7 meters above sea level. The length of jetty 200 meters and width pier 29 meters. The results of the structural design consists of a thick plate jetty pier 35 cm, crane beam dimensions of 100cm x 200cm, transverse and longitudinal beams of 100cm x 180cm. Dimensions pile cap type 1 200 cm x 200 cm x 150 mm for pile upright and pile cap type 2 150cm to 200cm x 400cm sloping pile. Pile upright and tilted (1: 6) are planned with the same dimensions 812,8mm, 16mm thick. While on the trestle structure along 165 meters, divided into three segments with a width of 7 meters are planned by containers container to one direction. Trestle slab thickness of 30 cm, the dimensions of transverse and longitudinal beams are 350cm x 700cm. Used pile cap (PC3) dimensions of 200cm x 200cm x 100cm with piles 762mm, 18mm thick. For berthing facilities used fender Bridgestone "SM800H" and mooring facilities used bollard International Maritime MT- 50.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xxi

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Lokasi Proyek.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum	7
2.2. Peraturan yang digunakan.....	8
2.3. Karakteristik kapal.....	8
2.4. Penetapan Dimensi	12
2.4.1. Perencanaan layout	12
2.4.2. Panjang dermaga	12
2.4.3. Lebar dermaga.....	13
2.4.4. Elevasi apron.....	13

2.4.5. Kedalaman perairan	14
2.4.6. Jempatan penghubung.....	15
2.5. Dimensi struktur	15
2.5.1. Dimensi plat	15
2.5.2. Dimensi balok	15
2.5.3. Dimensi Tiang Pancang Rencana	16
2.5.4. Dimensi Poer	18
2.6. Pembebanan	18
2.6.1. Beban Vertikal	18
2.6.2. Beban Horizontal	23
2.6.3. Kombinasi Pembebanan	37
2.7. Analisa Struktur Plat.....	38
2.7.1. Penulangan Pada Plat	38
2.7.2. Analisa Struktur Balok	41
2.7.3. Penulangan Poer.....	46
2.8. Perhitungan Struktur Bawah	48

BAB III METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data.....	53
3.2. Spesifikasi Kapal Rencana.....	53
3.3. Spesifikasi Dermaga	54
3.4. Analisa Perancangan Struktur	54
3.5. Penggambaran Struktur.....	56
3.6. Penulisan Laporan	56

3.7. Bagan Metodologi	57
-----------------------------	----

BAB IV PLEMINARY DESAIN

4.1. Dimensi Dermaga.....	59
4.1.1. Panjang Dermaga	59
4.1.2. Lebar Dermaga.....	59
4.2. Dimensi Trestle	61
4.3. Elevasi Apron Dermaga.....	62
4.4. Penentuan Kedalaman Kolam Pelabuhan	64
4.5. Penetapan Dimensi Struktur.....	65
4.5.1. Dimensi Plat Dermaga.....	65
4.5.2. Dimensi Balok	67
4.5.3. Dimensi Poer	70
4.5.4. Tiang Pancang.....	70

BAB V PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal	73
5.1.1. Beban Vertikal Pada Jetty.....	73
5.1.2. Beban Vertikal Pada Trestle	75
5.2. Beban Horisontal.....	76
5.2.1. Beban Tumbukan Kapal (<i>Berthing Force</i>)	76
5.2.2. Beban Bertambat Kapal (<i>Mooring Force</i>)	83
5.2.3. Beban Gempa (<i>Earthquake Force</i>)	95

BAB VI ANALISA STRUKTUR & PENULANGAN

6.1.	Analisa Struktur.....	105
6.2.	Permodelan Struktur Plat	106
6.3.	Kombinasi Beban Pada Struktur Plat	108
6.3.1.	Kombinasi Plat Dermaga.....	109
6.3.2.	Kombinasi Plat Trestle	113
6.4.	Permodelan Struktur Pile Cap	116
6.5.	Permodelan Struktur Tiang Pancang	117
6.6.	Output Permodelan Struktur	118
6.6.1.	Penulangan Plat Dermaga.....	118
6.6.2.	Kontrol Pelat Dermaga	127
6.6.3.	Penulangan Plat Trestle	129
6.6.4.	Kontrol Pelat Trestle	138
6.7.	Penulangan Balok.....	140
6.7.1.	Penulangan Balok Dermaga.....	140
6.7.1.1.	Tulangan Torsi	141
6.7.1.2.	Tulangan Lentur	145
6.7.1.3.	Tulangan Geser	149
6.8.	Penulangan Plat Fender	153
6.9.	Perencanaan Kolom Virtual	156
6.10.	Perencanaan Pile Cap	158
6.10.1.	Pile Cap Tipe 1.....	158
6.10.2.	Pile Cap Tipe 2.....	159

6.11. Perencanaan Shear Ring, Panjang Penyaluran ke Struktur	
Atas dan Base Plate	162
6.11.1. Perhitungan Shear Ring.....	162
6.11.2. Perhit. Panjang Penyaluran ke atas	163
6.11.3. Kebutuhan Base Plate.....	164
6.12. Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah.....	166
6.12.1. Daya Dukung Batas Pondasi.....	166
6.12.2. Daya Dukung Kapasitas Bahan.....	172

BAB VII PENUTUP

7.1. Kesimpulan	175
7.2. Saran.....	181

DAFTAR PUSTAKA

BIODATA PENULIS

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1.1. Peta lokasi dermaga Murhum, Baubau.....	4
Gambar 1.2. Peta lokasi dermaga Murhum, Baubau.....	5
Gambar 2.1. Sketsa kapal	9
Gambar 2.2. Sketsa panjang dermaga	13
Gambar 2.3. Sketsa kedalaman alur pelayaran	14
Gambar 2.4. Model penggambaran beban truk.....	19
Gambar 2.5. Penyebaran beban akibat roda kendaraan...	19
Gambar 2.6. Jib Portal Crane pada jetty	20
Gambar 2.7. Beban hidup terpusat Crane.....	21
Gambar 2.8. Kedudukan beban UDL.....	22
Gambar 2.9. Nilai <i>Dynamic Load Allowed</i>	23
Gambar 2.10. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.....	31
Gambar 2.11. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik dibatuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	32
Gambar 2.12. Peta respon spektra percepatan 1 detik dibatuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	32
Gambar 2.13. Bentuk tipikal respon spektra dipermukaan tanah	35
Gambar 4.1. Tampak atas rencana dermaga	60
Gambar 4.2. Denah rencana dermaga	60
Gambar 4.3. Potongan memanjang rencana dermaga	60

Gambar 4.4. Potongan melintang rencana dermaga.....	61
Gambar 4.5. Denah rencana trestle	61
Gambar 4.6. Tampak memanjang rencana trestle	62
Gambar 4.7. Grafik pasang surut	63
Gambar 4.8. Elevasi seabed.....	65
Gambar 4.9. Geser pons plat dermaga bagian tengah	66
Gambar 5.1. Beban hidup terpusat jib portal crane.....	74
Gambar 5.2. Model pembebanan crane pada SAP2000 ..	74
Gambar 5.3. Lane yang dilalui beban crane	75
Gambar 5.4. Dimensi Fender	78
Gambar 5.5. Tinggi kapal kondisi penuh terhadap fender	81
Gambar 5.6. Tinggi kapal kondisi kosong terhadap fender	81
Gambar 5.7. Rencana bollard	88
Gambar 5.8. Uraian gaya bollard	89
Gambar 5.9. Posisi tali tambat kapal terhadap dermaga..	89
Gambar 5.10. Kondisi kapal kosong pada saat kondisi HWS	90
Gambar 5.11. Kondisi kapal kosong pada saat kondisi LWS	91
Gambar 5.12. Kondisi kapal penuh pada saat kondisi HWS	92
Gambar 5.13. Kondisi kapal penuh pada saat kondisi LWS	93

Gambar 5.14. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	96
Gambar 5.15. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun	97
Gambar 5.16. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik dibatuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun ...	98
Gambar 5.17. Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah	102
Gambar 5.18. Nilai variabel respon spektrum	102
Gambar 5.19. Grafik respon spektrum pada Sap2000.....	103
Gambar 6.1. Permodelan struktur dermaga	105
Gambar 6.2. Permodelan struktur trestle	106
Gambar 6.3. Asumsi plat dermaga	106
Gambar 6.4. Asumsi plat trestle.....	107
Gambar 6.5. Model struktur plat dermaga.....	108
Gambar 6.6. Model struktur plat trestle.....	108
Gambar 6.7. Kontur momen M22 akibat kombinasi 1	109
Gambar 6.8. Beban hidup merata tipe 1	109
Gambar 6.9. Kontur momen M22 beban tipe 1	109
Gambar 6.10. Beban hidup merata tipe 2	110
Gambar 6.11. Kontur momen M22 beban tipe 2	110
Gambar 6.12. Beban hidup merata tipe 3	110
Gambar 6.13. Kontur momen M22 beban tipe 3	110

Gambar 6.14. Beban hidup merata tipe 4	111
Gambar 6.15. Kontur momen M22 beban tipe 4	111
Gambar 6.16. Beban hidup merata tipe 5	111
Gambar 6.17. Kontur momen M22 beban tipe 5	111
Gambar 6.18. Beban hidup merata tipe 6	112
Gambar 6.19. Kontur momen M22 beban tipe 6	112
Gambar 6.20. Beban hidup merata tipe 7	112
Gambar 6.21. Kontur momen M22 beban tipe 7	112
Gambar 6.22. Beban hidup merata tipe 1 pada trestle.....	113
Gambar 6.23. Kontur momen M22 beban tipe 1	113
Gambar 6.24. Beban hidup merata tipe 2 pada trestle.....	113
Gambar 6.25. Kontur momen M22 beban tipe 2	113
Gambar 6.26. Beban hidup merata tipe 3 pada trestle.....	114
Gambar 6.27. Kontur momen M22 beban tipe 3	114
Gambar 6.28. <i>Lane Width</i> beban KEL	114
Gambar 6.29. Kontur momen M22 akibat beban KEL	114
Gambar 6.30. Letak beban crane pada dermaga	115
Gambar 6.31. Momen maks. M22 akibat beban crane.....	115
Gambar 6.32. Momen maks. M33 akibat beban crane.....	115
Gambar 6.33. Permodelan pile cap dermaga	116
Gambar 6.34. Permodelan pile cap trestle.....	117
Gambar 6.35. Permodelan tiang pancang dermaga.....	117
Gambar 6.36. Permodelan tiang pancang trestle.....	117

Gambar 6.37. Luasan Acp dan keliling Pcp	141
Gambar 6.38. Luasan Aoh dan keliling Ph.....	142
Gambar 6.39. Dimensi pelat fender	153
Gambar 6.40. Data borlog pelabuhan murhum.....	167
Gambar 6.41. Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang	169
Gambar 6.42. Asumsi panjang tekuk tiang.....	172

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Karakteristik kapal.....	10
Tabel 2.2. Elevasi dermaga diatas HWS	14
Tabel 2.3. Data teknis portal crane.....	21
Tabel 2.4. Kecepatan tambat kapal	24
Tabel 2.5. Ketentuan penetapan boulder	29
Tabel 2.6. Kelas situs	33
Tabel 2.7. Faktor amplikasi ($F_{PGA/FA}$).....	33
Tabel 2.8. Faktor amplikasi (F_v).....	34
Tabel 2.9. Zona gempa.....	35
Tabel 2.10. Faktor kepentingan	36
Tabel 2.11. Faktor modifikasi respon (R)	36
Tabel 2.12. Intensitas gaya geser dinding (f_i).....	49
Tabel 2.13. Angka keamanan gaya tekan.....	51
Tabel 2.14. Angka keamanan gaya cabut.....	51
Tabel 2.15. Angka keamanan daya dukung horisontal	51
Tabel 4.1. Elevasi dermaga diatas HWL.....	62
Tabel 4.2. Hasil akhir elevasi penting berdasarkan elevasi acuan.....	63
Tabel 4.3. Resume balok dermaga	69
Tabel 4.4. Resume balok trestle.....	69
Tabel 4.5. Dimensi poer yang digunakan.....	70

Tabel 4.6.	Data tiang pancang	70
Tabel 4.7.	Panjang penjepitan untuk tiang pancang 812,8 mm pada konstruksi dermaga.	71
Tabel 4.8.	Panjang penjepitan untuk tiang pancang 762 mm pada konstruksi dermaga.	72
Tabel 5.1.	Tinggi dek kapal kondisi penuh & kosong....	80
Tabel 5.2.	Hasil perhitungan gayaambat akibat gaya angin dan arus.....	87
Tabel 5.3.	Perhitungan resultan gaya pada boulder	94
Tabel 5.4.	Perhitungan jumlah nilai N untuk menentukan kelas situs	99
Tabel 5.5.	Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (FPGA / Fa)	100
Tabel 5.6.	Faktor amplikasi untuk periode 1 detik (Fv).	100
Tabel 5.7.	Zona gempa	103
Tabel 6.1.	Tipe dan jenis pile cap	116
Tabel 6.2.	Resume tulangan pelat dermaga	127
Tabel 6.3.	Kontrol Jarak Tulangan Pelat Dermaga	128
Tabel 6.4.	Resume tulangan pelat trestle.	138
Tabel 6.5.	Kontrol Jarak Tulangan Pelat Dermaga	139
Tabel 6.6.	Resume tulangan balok dermaga & trestle....	152
Tabel 6.7.	Resume tulangan pile cap.....	162
Tabel 6.8.	Resume panjang penyaluran.....	165

Tabel 6.9. Data tanah SPT	168
Tabel 6.10. Resume kapasitas bahan tiang pancang	174
Tabel 7.1. Dimensi balok dermaga.....	175
Tabel 7.2. Dimensi balok trestle.....	176
Tabel 7.3. Dimensi pile cap	176
Tabel 7.4. Tipe tiang pancang	177
Tabel 7.5. Kebutuhan tulangan pelat dermaga.....	178
Tabel 7.6. Kebutuhan tulangan pelat trestle.....	179
Tabel 7.7. Kebutuhan tulangan balok dermaga dan trestle	180
Tabel 7.8. Dimensi pile cap	181
Tabel 7.9. Kebutuhan tulangan pile cap	181

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki peran penting dalam pelayaran guna menghubungkan transportasi antar pulau, untuk kepentingan dibidang sosial, ekonomi, pemerintahan, pertahanan keamanan dan sebagainya. Pelabuhan sebagai prasarana angkutan laut sangat dibutuhkan karena berfungsi sebagai pintu gerbang komersial untuk mendukung pendistribusian barang dari satu wilayah ke wilayah tertentu. Salah satu kota yang berperan besar dalam hal distribusi barang dan penumpang, yaitu kota Baubau di kepulauan Buton, Sulawesi Tenggara. Kota ini merupakan daerah dengan sumber daya alam yang cukup besar dan memiliki potensi yang dalam pergerakan ekonomi didalam negeri.

Pelabuhan Murhum Baubau merupakan salah satu simpul transportasi yang strategis di wilayah Indonesia Timur yang mempunyai peranan penting dalam kontelasi transportasi laut. Pelabuhan Murhum Baubau ini berfungsi sebagai pintu gerbang Provinsi Sulawesi Tenggara (selain Pelabuhan Kendari) serta simpul pengumpul untuk wilayah-wilayah lainnya di Indonesia Timur seperti Maluku, Maluku Utara, Luwuk dan sekitarnya.

Atas dasar potensi pengembangan angkutan, barang maupun penumpang yang cukup besar di Pelabuhan Baubau, dibutuhkan rencana pengembangan yang komprehensif dengan mempertimbangkan aspek-aspek terkait seperti sitem transportasi nasional dan regional, pengembangan wilayah, pertumbuhan ekonomi lokal dan regional, pengembangan koridor ekonomi dan kebutuhan pergerakan masa datang.

Pengembangan jaringan infrastruktur transportasi nasional khususnya di Indonesia bagian timur menjadikan Pelabuhan Baubau memiliki fungsi strategis. Hal ini dikarenakan posisi geografis Pelabuhan Baubau yang terlntasi pergerakan angkutan laut dari wilayah Barat Indonesia (Jakarta, Surabaya) dan wilayah tengah (Makassar) ke wilayah timur Indonesia seperti Maluku,

Maluku Utara, Sulawesi Tengah dan Sulawesi Utara. Pelabuhan Baubau juga merupakan pintu gerbang untuk pergerakan angkutan laut di Provinsi Sulawesi Tenggara dimana sebagian besar pergerakan penumpang dan barang melakukan transit di pelabuhan ini.

Pelabuhan Baubau saat ini menjadi pelabuhan transit untuk perjalanan laut baik penumpang maupun barang. Dengan frekuensi persinggahan Kapal Peln yang cukup tinggi (rata-rata 24-26 kunjungan kapal setiap bulannya), maka pergerakan penumpang dari wilayah Sulawesi Tenggara menggunakan Pelabuhan Baubau sebagai pelabuhan untuk perpindahan moda angkutan laut.

Dalam konstelasi tatanan kepelabuhan nasional, Pelabuhan Murhum Baubau merupakan salah satu pelabuhan strategis dalam koridor ekonomi Sulawesi. Hal ini sejalan dengan rencana pengembangan koridor ekonomi pada dokumen MP3EI yang menitik beratkan pengembangan Koridor Sulawesi pada sector pertanian, perkebunan, perikanan, migas dan pertambangan nasional.

Kondisi eksisting Pelabuhan Murhum Baubau saat ini mampu melayani kapal angkutan peti kemas dengan karakteristik kapal 5000 DWT, dengan panjang dermaga 180 meter dan kedalaman alur antara 9-12 meter (sumber: Analisis Konsultan, 2013). Berdasarkan Rencana Induk Pelabuhan Murhum Baubau, kebutuhan pengembangan dermaga kawasan perairan Pelabuhan Murhum Baubau jangka panjang (2014-2033) mampu melayani karakteristik kapal peti kemas 15000 DWT dengan panjang rencana dermaga kapal kontainer 200 meter.

Berdasarkan hal tersebut diatas penulis bermaksud mengangkat kasus ini sebagai Tugas Akhir dengan judul **“Desain Struktur Dermaga Peti Kemas Kapasitas 15.000 DWT, Pelabuhan Murhum Baubau, Provinsi Sulawesi Tenggara”**. Melalui Tugas Akhir ini penulis mencoba mendisain struktur dermaga dengan data-data yang sudah ada dengan menggunakan konstruksi beton bertulang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pada penelitian ini dapat ditarik rumusan masalah yaitu, bagaimana cara menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur dermaga yang mampu melayani kapal 15000 DWT.

1.3 Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang perencanaan yang akan timbul dan keterbatasan waktu pengerjaan maupun disiplin ilmu yang dikuasai, maka perlu batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan struktur dititik beratkan pada struktur demaga.
2. Desain struktur dilakukan untuk mengetahui dimensi, analisa struktur dan kontrolnya.
3. Perencanaan ini tidak meninjau analisa biaya, manajemen pelaksanaan dan arsitektural

1.4 Tujuan

Tujuan dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah bagaimana menentukan dimensi dermaga dan elemen struktur demaga yang mampu melayani kapal 15000 DWT yang efisien dan aman.

1.5 Manfaat

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut, :

1. Mendapatkan suatu desain dermaga yang mampu menahan gaya – gaya yang timbul akibat beban – beban yang bekerja pada dermaga tersebut.
2. Mendapatkan gambaran tentang perhitungan struktur dermaga, yang direncanakan untuk melayani kapal dengan kapasitas sebesar 15000 DWT.
3. Menambah wawasan dan pengalaman yang timbul dalam perencanaan struktur dermaga ini.
4. Sebagai bahan masukan kepada Instansi Pelabuhan Murhum Baubau.
5. Dapat dijadikan sebagai referensi ilmu dalam perencanaan konstruksi Teknik Sipil.
6. Sebagai bacaan atau literature bagi penelitian selanjutnya.

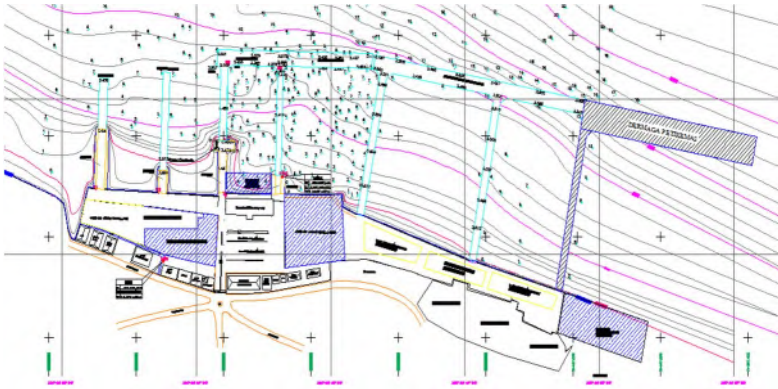
1.6 Lokasi Proyek

Provinsi : Sulawesi Tenggara
Ibu kota : Kendari
Kabupaten : Baubau
Pelabuhan : Murhum
Letak geografis : 5°27'16,5" Lintang Selatan
122°36'31,4" Bujur Timur.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Dermaga Murhum Baubau, Sulawesi Tenggara

Sumber : Google Maps



Gambar 1.2. Layout pelabuhan Murhum

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Dalam perencanaan struktur dermaga ini ada beberapa tahap yang akan dikerjakan. Tahap pertama yaitu, spesifikasi kapal, penetapan dimensi dermaga dan dimensi elemen struktur. Penetapan dimensi dermaga meliputi penetapan panjang, lebar, dan elevasi dermaga yang mengacu pada *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia 1984*. Ada beberapa hal dalam penetapan dimensi elemen struktur yaitu elemen plat dan balok, poer dan tiang pancang berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992* dan *Bridge Design Manual BMS Part 3 section 5*.

Tahap kedua adalah perencanaan pembebanan yang meliputi beban vertikal dan beban horizontal. Yang termasuk beban vertikal yaitu beban mati dan beban hidup, sedangkan beban horizontal terdiri dari beban tumbukan kapal, beban tambat kapal, dan beban gempa. Dalam perencanaan pembebanan ini berdasarkan peraturan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992* dan *Technical Standarts for Ports and Harbour Facilities in Japan, 1980*.

Tahap ketiga adalah penulangan elemen struktur plat dan balok. Perencanaan penulangan berdasarkan peraturan *SNi tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Gedung (2002)*.

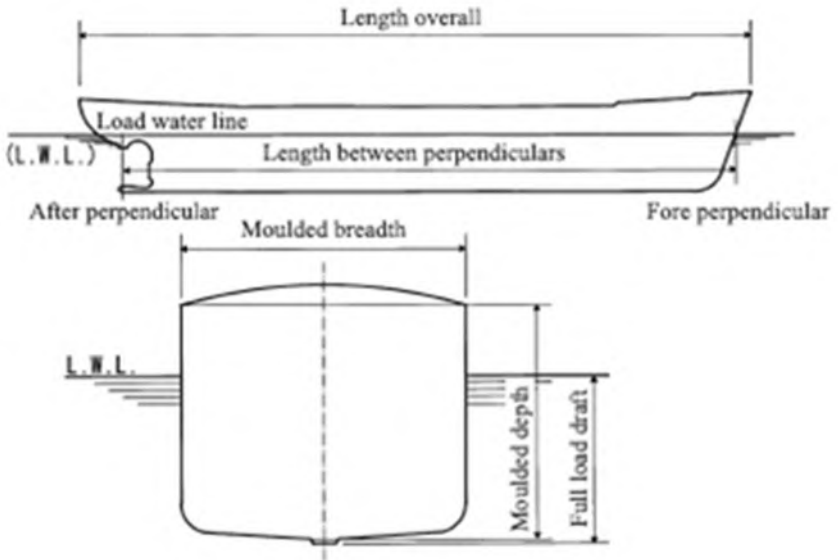
Tahap keempat adalah daya dukung pondasi. Dalam perhitungan daya dukung pondasi, pembebanan diperoleh dari permodelan struktur dan perhitungan daya dukung tiang pancang berdasarkan hasil penyelidikan tanah (SPT).

2.2. Peraturan Yang Digunakan

1. Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984
2. Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 dan Bridge Design Code Part section 2 Bridge Loads
3. Standart Teknis Untuk Sarana – Sarana Pelabuhan Jepang, Maret, 1995.
4. Design Manual Marine Fender Bridgestone Design
5. SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung
6. RSNI3-2013 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa

2.3. Karakteristik Kapal

Dalam perencanaan deramga perlu diketahui spesifikasi kapal yang nantinya akan digunakan untuk merapat dan tambat didermaga tersebut. Spesifikasi ini ditentukan dengan kapasitas angkut kapal (DWT yaitu Dead Weight Tonnage), panjang kapal, lebar dan draft maksimum kapal tersebut. Kapasitas kapal tidak boleh melebihi kapasitas rencana dermaga, agar kapal yang bersandar dapat beroperasi dengan baik dalam ruang lingkup pelabuhan dan tidak merusak fasilitas dan struktur dermaga



Gambar 2.1. Sketsa Kapal

Ukuran kapal yang menjadi acuan perencanaan dermaga, yaitu :

1. Loa = Panjang kapal (length overall) (m)
2. LBP = Panjang garis air, pada kapasitas kapal (length between perpendiculars)
3. LWL = Panjang garis air, pada ujung kapal (length on load waterline) (m)
4. Breadth (B) = Lebar kapal (m)
5. Depth = Tinggi badan kapal (m)
6. Draft (d) = Sarat / Bagian kapal yang terendam air pada keadaan maksimum (m)
7. Freeboard = Bagian kapal yang tidak terendam air pada keadaan maksimum (m)

Tabel 2.1. Karakteristik kapal

Tipe Kapal	Bobot Kapal DWT	Displace- ment	Panjang		Lebar B	Tinggi D	Draft	Luas Tekanan Angin (m ²)			
			Loa	L _{pp}				Lateral		Depan/Belakang	
	(ton)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	Penuh	Kosong	Penuh	Kosong
Kapal Barang (General cargo Ship)	1,000	1,850	74	69	11.70	6.90	4.40	372	428	70	101
	2,000	3,560	92	86	14.20	8.50	5.50	570	678	111	154
	3,000	5,210	104	98	15.90	9.60	6.30	732	887	146	198
	5,000	8,440	122	115	18.30	11.20	7.50	1,003	1,243	205	271
	7,000	11,600	136	128	20.10	12.40	8.30	1,234	1,550	256	333
	10,000	16,200	151	143	22.20	13.80	9.30	1,540	1,970	325	414
	15,000	23,700	172	163	24.80	15.60	10.70	1,970	2,570	426	532
	20,000	31,100	188	179	26.90	17.00	11.70	2,360	3,110	516	634
	30,000	45,600	213	203	30.10	19.20	13.40	3,030	4,070	675	814
	40,000	59,800	233	223	32.60	20.90	14.70	3,610	4,930	818	971
Kapal Barang Curah (Bulk Carrier)	5,000	7,190	113	105	16.30	8.80	6.50	811	1,010	247	267
	7,000	9,880	124	116	18.10	9.80	7.20	936	1,210	280	312
	10,000	13,800	138	129	20.20	10.90	8.00	1,090	1,460	319	369
	15,000	20,300	155	146	22.90	12.30	9.00	1,290	1,810	371	447
	20,000	26,700	168	159	25.00	13.40	9.80	1,460	2,110	412	511
	30,000	39,100	188	179	28.40	15.10	11.00	1,740	2,610	479	618
	50,000	63,500	218	209	32.30	17.60	12.8	2,160	3,420	578	786
	70,000	87,200	240	231	32.30	19.50	14.20	2,490	4,090	655	920
	100,000	122,000	266	257	41.20	21.60	15.80	2,890	4,940	747	1,090
	150,000	179,000	298	290	46.80	24.40	17.80	3,440	6,120	868	1,320
	200,000	236,000	324	316	51.10	26.60	19.40	3,890	7,130	965	1,510
	250,000	291,000	345	338	54.80	28.50	20.70	4,270	8,020	1,048	1,670

Tabel 2.1. Karakteristik kapal (lanjutan)

Tipe Kapal	Bobot Kapal DWT	Displace- ment	Panjang		Lebar B	Tinggi D	Draft	Luas Tekanan Angin (m ²)			
			Loa	L _{pp}				Lateral		Depan/Belakang	
	(ton)	(ton)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	Penuh	Kosong	Penuh	Kosong
Kapal Kontainer (Container Ship)	7,000	11,500	133	125	21.50	10.60	7.60	1,700	2,000	377	524
	10,000	16,200	153	144	23.70	12.30	8.40	2,180	2,490	468	632
	15,000	23,900	179	169	26.40	14.40	9.50	2,900	3,210	599	782
	20,000	31,400	201	190	28.60	16.10	10.40	3,550	3,850	714	910
	25,000	38,800	219	208	30.40	17.60	11.10	4,150	4,420	818	1,020
	30,000	46,200	236	223	31.90	18.90	11.80	4,720	4,950	914	1,130
	40,000	60,800	264	251	32.30	21.20	12.80	5,780	5,930	1,090	1,310
	50,000	75,200	288	274	32.30	23.20	13.70	6,760	6,820	1,250	1,470
	60,000	89,400	310	295	38.50	24.90	14.50	7,680	7,640	1,390	1,620
Kapal Tanker (Oil tanker)	1,000	1,800	66	63	10.90	4.80	4.40	223	302	99	93
	2,000	3,480	82	78	13.50	6.10	5.30	328	455	137	137
	3,000	5,130	93	89	15.30	7.10	6.00	412	578	166	171
	5,000	8,360	109	105	17.90	8.50	7.00	548	782	211	226
	7,000	11,500	122	118	19.90	9.50	7.70	661	954	248	272
	10,000	16,200	136	132	22.20	10.80	8.50	806	1,180	294	332
	15,000	23,900	155	150	25.20	12.40	9.60	1,010	1,500	356	414
	20,000	31,400	169	165	27.50	13.70	10.40	1,190	1,770	408	486
	30,000	46,300	192	188	31.20	15.80	11.70	1,490	2,260	494	607
	50,000	75,500	226	222	32.30	19.00	13.60	1,980	3,050	630	804
	70,000	104,000	251	247	40.60	21.30	15.00	2,390	3,720	739	968
	100,000	146,000	281	277	45.30	24.20	16.70	2,920	4,600	875	1,180
	150,000	216,000	320	316	51.40	27.90	18.80	3,660	5,850	1,060	1,470
	200,000	284,000	350	346	56.20	30.80	20.40	4,300	6,930	1,210	1,730
	300,000	418,000	398	395	63.70	35.50	23.00	5,390	8,810	1,470	2,160

Sumber : Pelabuhan, Bambang Triatmodjo.

2.4. Penetapan Dimensi

Perencanaan dimensi demaga ini meliputi elevasi apron, panjang dan lebar dermaga, dan daerah pendukung operasinya. Semua ukuran dasar ini sangat menentukan kemampuan pelabuhan terhadap kapal yang akan beroperasi di dermaga tersebut. Ukuran dan bentuk konstruksi menentukan pula besar investasi yang diperlukan sehingga dapat membantu operasional pelabuhan yang efisien. Dermaga yang letaknya jauh dari garis pantai dihubungkan dengan trestle.

2.4.1. Perencanaan Layout Dermaga

Perencanaan layout yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah layout yang diusulkan oleh pihak Pelabuhan Murhum sesuai dengan *master plan* Pelabuhan Murhum, Baubau.

2.4.2. Panjang Dermaga

Penentuan panjang dermaga tergantung oleh penggunaan tambatan dan ukuran kapal rencana. Secara prinsip menurut *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, table 7.1.1. halaman 29*, panjang dermaga rencana adalah

$$L_p = L_o + 10 \%. \dots\dots\dots (2.1)$$

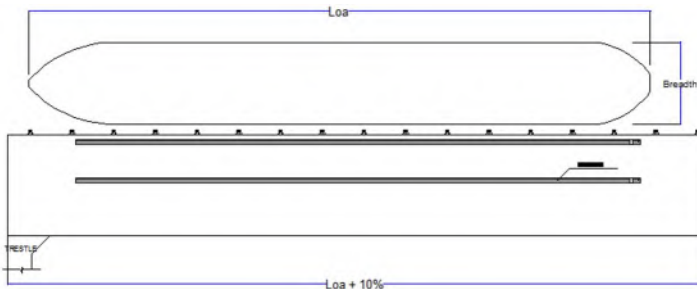
Dimana :

L_p = Panjang Dermaga

L_o = Panjang Kapal

2.4.3. Lebar dermaga

Lebar dermaga direncanakan sesuai dengan kebutuhan dermaga dalam memperlancar proses bongkar muat barang dan penumpang dengan aman, cepat, dan lancar. Lebar apron dermaga juga disesuaikan dengan kebutuhan perputaran truk ± 15 meter.



Gambar 2.2. Sketsa Panjang dermaga

2.4.4. Elevasi Apron

Penetapan kedalaman air rencana pada perencanaan dermaga Murhum Baubau ini didasarkan pada Standard design Criteria for Ports ini Indonesia, 1984, pasal 6.2.5 halaman 27, adalah $(1,05 - 1,15) \times$ sarat maksimum.

Pengertian apron pada dermaga adalah daerah yang terletak antara sisi dermaga dan sisi depan gudang dimana terdapat pengalihan kegiatan angkutan laut ke angkutan darat. Dalam perencanaan ini penentuan elevasi lantai dermaga (apron) ditentukan oleh keadaan pasang surut dan jenis kapal rencana. Berdasarkan *Desain Kriteria Perencanaan Pelabuhan, Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Direktorat Pelabuhan dan Pengerukan, 1984, halaman 5*. Ditentukan besarnya elevasi lantai dermaga diatas HWL berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman air rencana sebagai berikut :

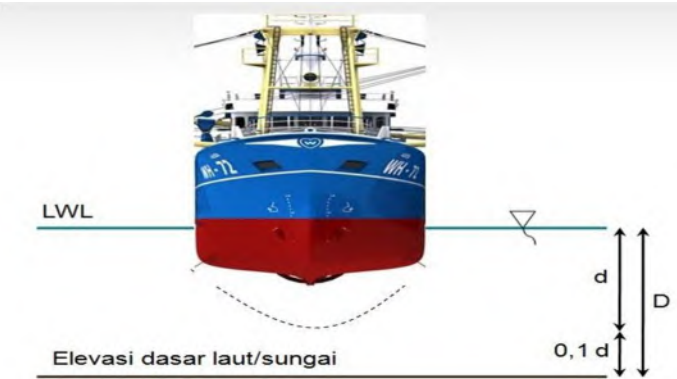
Tabel 2.2. Elevasi Dermaga diatas HWS

<div>Pasang Surut</div> <div>Kedalaman</div>	Pasang Surut terbesar 3m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Berdasarkan ketentuan tabel 2.1., penentuan elevasi apron dengan kedalaman air rencana 4,5 m atau lebih pasang surut kurang dari 3 m adalah 1,0-3,0 m diatas HWL.

2.4.5. Kedalaman Perairan

Penentuan kedalaman kolam pelabuhan berdasarkan sarat maksimum (max. Draft) kapal yang akan bertambat ditambah dengan jarak aman (0,8 m – 1,0 m) dibawah ujung bagian bawah kapal.



Gambar 2.3. Sketsa kedalaman alur pelayaran

2.4.6. Jembatan Penghubung

Jembatan penghubung merupakan struktur penghubung dermaga dengan daratan agar dermaga terletak pada kedalaman yang diperlukan. Selain itu digunakan untuk penghubung utilitas dermaga yang diperlukan seperti jaringan listrik dan sebagainya.

Direncanakan bentuk dan ukuran jembatan penghubung sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan yaitu dengan panjang 165 meter dan lebar 7 meter. Jembatan penghubung direncanakan untuk truk 1 arah.

2.5. Dimensi Struktur

2.5.1. Dimensi Plat

Pada perencanaan dermaga, lantai dermaga berfungsi sebagai penerima beban mati, beban hidup, dan beban terpusat yang bekerja langsung di atasnya. Beban yang diterima beserta berat sendiri diteruskan ke balok melintang dan memanjang. Pada lantai dermaga terdapat boulder untuk menambatkan kapal.

Perhitungan kekuatan plat lantai dermaga terlentur berdasarkan *Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 Tabel 5.2 hal 5-4*, harus mempunyai tebal minimum (ts) :

$$ts \geq 200 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$ts \geq 100 + 0,04L \text{ mm} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

ts = tebal plat lantai (mm)

L = bentang dari plat lantai antara pusat dan tumpuan (mm)

2.5.2. Dimensi Balok

Pada perancangan dermaga Murhum ini, terdapat balok yang terletak dibawah plat lantai yang terdiri dari balok melintang dan memanjang. Dalam perencanaan dimensi balok melintang dan memanjang digunakan perbandingan dua metode, yakni metode berdasarkan *Bridge Design Manual BMS Part 3*

section 5 hal. 5-4 dan metode keretakan akibat beban yang bekerja melebihi batas rencana (beban ultimate).

a. Metode BMS

Bahwa tinggi efektif gelagar (balok melintang dan memanjang) dengan kekakuan mamadai direncanakan berdasarkan ketentuan berikut ini :

$$D \geq 165 + 0.06L \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

D = tinggi gelagar (balok memanjang dan melintang)

L = panjang gelagar (balok melintang dan memanjang)

Tinggi gelagar menerus adalah 90% dari tinggi bentang sederhana diatas.

b. Kontrol Kelangsingan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan **Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 6.5.8.2. hal 6-47**, kontrol kelangsingan minimum balok atau gelagar digunakan rumus sebagai berikut:

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 240 \frac{b_{eff}}{D} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\frac{L_t}{b_{eff}} \leq 60 \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

Lt = Jarak antar pengekang melintang (mm)

b_{eff} = Lebar balok (mm)

D = Tinggi total balok (mm)

2.5.3. Dimensi Tiang Pancang

Jenis pondasi pada struktur bangunan bawah dermaga direncanakan menggunakan tiang pancang. Dalam perencanaan dimensi tiang pancang dilakukan trial dan error (coba-coba) dengan menggunakan SAP 2000, dicari kemungkinan model struktur yang mengalami defleksi terkecil, dengan mempertimbangkan :

- ✓ Model struktur potongan melintang
- ✓ Susunan tiang pancang
- ✓ Banyak sedikitnya tiang pancang
- ✓ Modifikasi dimensi tiang pancang

Penentuan lokasi penjepitan tiang pancang merupakan asumsi panjang penjepitan tiang pancang yang digunakan dalam input SAP 2000. Panjang penjepitan (l_0) dihitung dari rumus L.Y. Chang (**Standard Teknis untuk Sarana – Sarana Pelabuhan di Jepang, Maret, 1995 hal 142-144**), diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K_h \cdot B}{4EI}} \dots\dots\dots (2.6)$$

$$l_{m1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} + \pi \right) \dots\dots\dots (2.7)$$

$$l_{y1} = \frac{1}{B} \left(\tan^{-1} \frac{1-\beta h}{1+\beta h} \right) \dots\dots\dots (2.8)$$

$$k_h = 0.15 N \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

E = Modulus elastisitas tiang (kg/cm^2)
 $= 2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

I = Momen Inersia tiang (cm^4)

H = Tinggi Pembebanan

D = Diameter ring (cm)

k_h = Modulus reaksi horizontal yang harganya konstan sepanjang tiang terbenam diperoleh dari Technical Standards For Port and harbor Facilities in Japan 1980 hal. 214

Untuk memperhitungkan pengaruh teknik baik selama pemancangan maupun saat memikul beban permanent, diambil persyarat teknis *menurut Technical Standards For Port and Harbour Facilities in japan 1980* sebagai berikut :

$$\frac{L}{D} \leq 60 - 70 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

L = Panjang tiang yang berpengaruh tekuk (mm)

D = Panjang diameter tiang (mm)

2.5.4. Dimensi Poer

Poer (pile cap) yang berfungsi sebagai konstruksi penahan eksentrisitas di lapangan. Penentuan dimensi poer dalam perencanaannya mengandalkan kekuatan pile cap. Sedangkan dalam pemasangan tiang pancang diperhitungkan pengaruh korosi. Peraturan Perencanaan Teknik jembatan BMS 1992 pasal 4.5.7.9. hal 4-40, adalah dalam daerah pasang surut derajat korosi untuk perencanaan dapat digunakan dua kali 0.08 mm.

2.6. Pembebanan

Pada struktur dermaga, beban – beban yang bekerja meliputi beban – beban vertikal dan beban horizontal.

2.6.1. Beban Vertikal

2.6.1.1. Beban yang bekerja pada Plat

1) Beban Merata

a. Beban mati (qD) meliputi :

- Beban sendiri plat lantai kendaraan (t = 35 cm)
- Beban aspal beton (t = 5 cm)
- Beban air hujan (t = 5 cm)

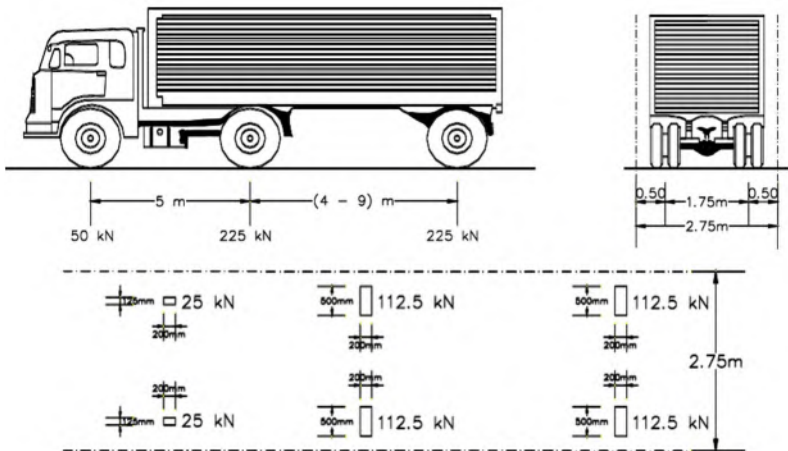
b. Beban hidup merata (qL), khusus bekerja pada plat lantai dermaga berdasarkan **Standard design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, pasal V.2 tabel 5.3. hal. 16** sebesar **3 t/m²**.

2) Beban Terpusat

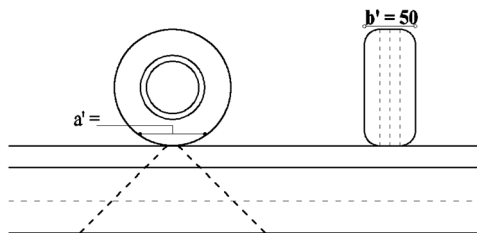
a. Beban Truck Container

Beban terpusat akibat muatan T roda kendaraan berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 pasal 2.3.4.1. hal. 2-27. Beban truk T adalah beban yang diakibatkan oleh kendaraan semitrailer yang mempunyai susunan berat as seperti

terlihat pada gambar 2.1. berdasarkan gambar tersebut perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan ketebalan tertentu yang memikul beban satu arah dinyatakan sebagai lebar manfaat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.1. berikut ini :



Gambar 2.4. Model penggambaran beban truk.



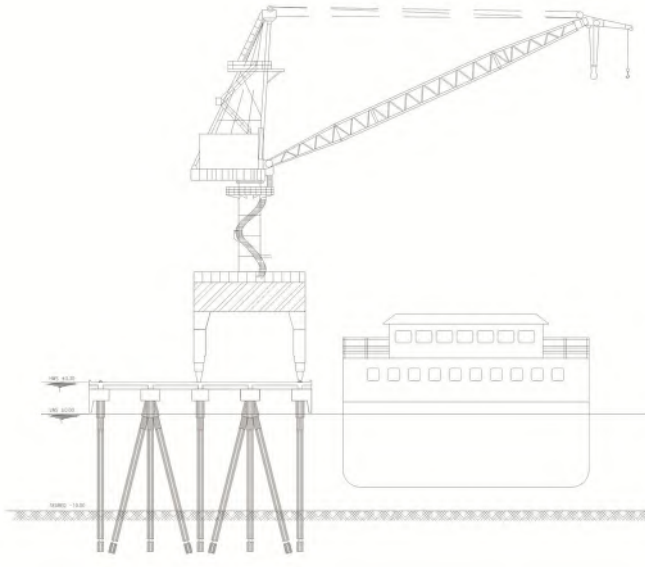
Gambar 2.5. Model penyebaran beban akibat roda kendaraan

Dimana :

- a' = Lebar kerja manfaat arah memanjang
- b' = Lebar kerja manfaat arah melintang

b. Beban Container Crane

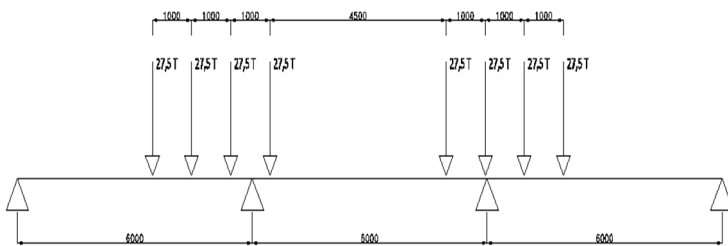
Peralatan bongkar muat dermaga pelabuhan awerange direncanakan menggunakan container crane, dengan rel pada penggerakannya. Berdasarkan Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour facilities in Japan (OCDI 2002) pasal 115.3.4. untuk beban akibat alat bongkar muat diambil kondisi maksimal pada saat alat berada diatas dermaga. Untuk Jarak antar as roda 1 meter dan 4.5 meter antar as roda dalam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dan tabel berikut



Gambar 2.6. Jib Portal Crane

Tabel 2.3. Data Teknis Portal Crane

NO.	TYPE	CAPACITY	LUFFING		HOISTHEIGHT		SPAN× BASE (m)	MAX WHEEL LOAD (KN)	Capability (KW)	SHIP (DWT)
			MAX	MIN	UP	DOWN				
1	BP209	2	9	4	6	6	4.5 × 4.5	40	22	200
2	BP315	3.2	15	56	12	8	6 x 6	80	42	500-2500
3	BP322	3.2	22	7	14	8	6 × 6	90	58	1000-3000
4	BP515	5	15	6	12	9	6 x 6	120	120	500-1500
8	BP525	5	15	56	12	8	6 x 6	80	42	5000
9	BP1020	(hook)10	20	7	15	10	10.5 × 10.5	115	103	5000
		(grab)5								
10	BP2020	20	20	7	16	10	10.5 x 10.5	165	145	3000
11	BP1025	(hook)10	25	8	20	12	10.5 × 10.5	185	132.8	5000
		(grab)5								
12	BP-1625	(hook)16	25	8	20	12	10.5 × 10.5	185	305	5000
		(grab)16								
13	BP-1627	(hook)16	27	10	22	15	10.5 × 10.5	185	305	10000
		(grab)10								
14	BP-1030	(hook)10	30	11	25	15	10.5 × 10.5	275	305	15000



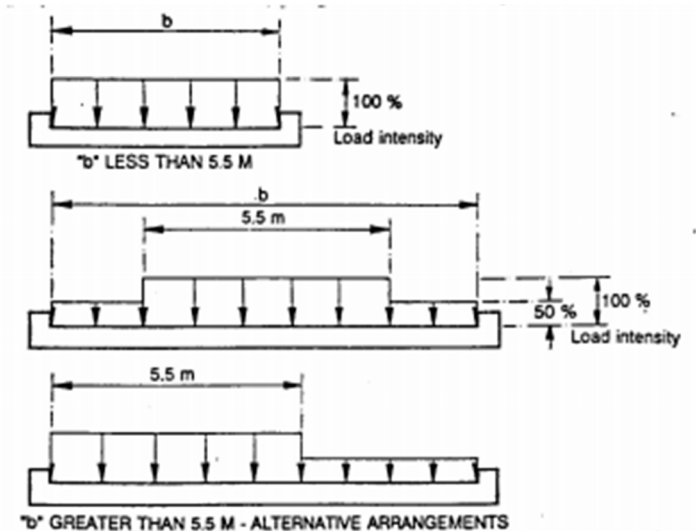
Gambar 2.7. Beban Hidup terpusat Jib Portal Crane

2.6.1.2. Beban Lajur UDL

Berdasarkan *BMS Volume 1 pasal 2.3.2.* beban lajur UDL (*Uniformly Distributed Load*) mempunyai intensitas (q) yang besarnya tergantung pada panjang total (L) yang dibebani dan dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

1) Untuk $L \leq 30$ m $q = 8,0$ kPa..... (2.11)

2) Untuk $L > 30$ m $q = 8,0 \cdot (0,5 + \frac{15}{L})$ (2.12)



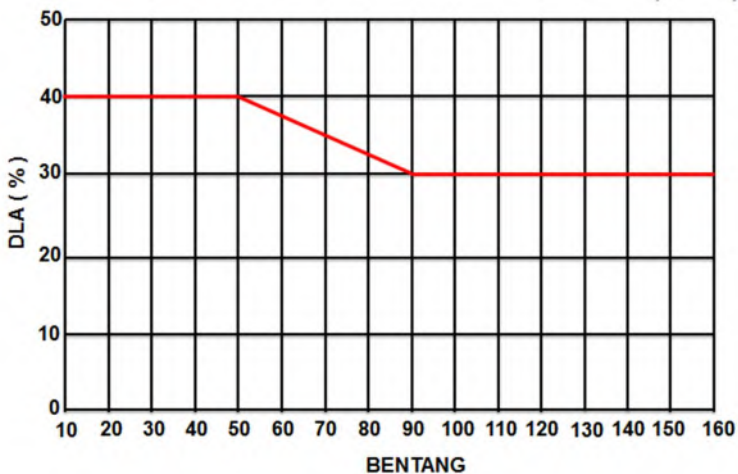
Gambar 2.8. Kedudukan beban UDL

2.6.1.3. Beban Lajur KEL

Berdasarkan *BMS Volume 1 pasal 2.3.2.* beban lajur KEL (Knife Edge Load) sebesar $P = 44,0$ kN/m ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas. Dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_{KEL} = (1 + DLA) \times P \dots\dots\dots (2.13)$$

Nilai DLA (Dynamic Load Allowed) dapat dilihat pada gambar 2.9. berikut ini :



Gambar 2.9. Nilai DLA (*Dynamic Load Allowed*)

2.6.2. Beban Horisontal

2.6.2.1. Beban Tumbukan Kapal (Berthing Force)

Beban tumbukan kapal diterima oleh sistem fender yang dipasang sepanjang dermaga dan letaknya diatur sedemikian rupa sehingga dapat menyerap energy benturan kapal dan dermaga. Untuk mengetahui gaya tumbukan kapal harus direncanakan sistem fender yang akan dipasang pada dermaga tersebut. dengan langkah langkah sebagai berikut,:

a. Energi Bertambat Efektif

Energi bertambat efektif dihitung dengan rumus pada *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, hal. 10. Rumus ini digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan, sehingga rumus dipakai adalah :

$$E = \frac{W.V^2}{2.g} k \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

E = Energi tambat kapal

V = Kecepatan merapat kapal (m/s)

g = Percepatan gravitasi (m/s²) = 9,8 m/s²

W = Virtual Weight (KN)

k = Faktor eksentrisitas = 0,5

Untuk menentukan kecepatan bertambat kapal (V) dapat menggunakan tabel 2.3. berikut :

Tabel 2.4. Kecepatan Tambat Kapal

Tonnage		Berthing Velocity		
GRT	DWT	Moderat	Difficult	Favorable
Up to 1.000	Up to 541	0,45	0,25	0,20
Up to 5.000	Up to 2705	0,35	0,20	0,15
Up to 10.000	Up to 5410	0,20	0,15	0,10
Larger Ship	Larger Ship	0,15	0,10	0,10

Sumber : *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*

b. Energi Bertambat Kapal

- 1) Displacement weight (W₁) (Design Marine Fender Bridgestones)

$$W_1 = \frac{4}{3} DWT \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

W₁ = Displacement weight (ton)

DWT = Dead Weight Tonnage kapal rencana (ton)

- 2) Additional weight (W₂) (Design Marine Fender Bridgestones)

Menurut rumus Stelson Mavils, additional weight yaitu,:

$$W_2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \gamma_w \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

W₂ = Additional weight (KN)

D = Sarat Penuh Maksimum (m)

L = Panjang Kapal (m)

Γ_w = berat isi air laut (1,025 t/m³)

- 3) Virtual weight (W) (Design Marine Fender Bridgestones),
Menurut rumus Stelson Mavils, additional weight yaitu,:

$$W = W_1 + W_2 \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

W₁ = Displacement weight (ton)

W₂ = Additional weight (KN)

W = Virtual Weight (KN)

- 4) Faktor Eksentrisitas (Design Marine Fender Bridgestones)

$$k = \frac{1}{1+(d/r)^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

d = jarak titik tengah kapal dengan titik terjauh sentuh
kapal dengan dermaga dengan garis dermaga (m)

r = jari-jari girasi antara garis vertikal melalui titik tengah kapal dengan garis horizontal kapal (m)

5) Jarak Fender

Spasi Fender arah Horizontal menurut New Selection of Fender, Sumitomo, pasal 5-1 rumus 9.1. adalah :

$$2l \leq 2 = \sqrt{h \left[\frac{B}{2} + \frac{L^2}{8b} - h \right]} \dots \dots \dots (2.19)$$

Dengan :

$2l$ = Jarak Spasi Fender (m)

h = Tebal Fender (m)

B = Lebar Kapal (m)

L = Panjang Kapal (m)

6) Penentuan Tipe dan Dimensi Fender

Tipe dan dimensi fender harus memenuhi syarat, yaitu :

$$E \text{ (energy bertambat efektif) (ton)} \leq n \times E_{\text{fender}} \text{ (ton)}$$

7) Perkiraan jumlah fender yang menerima benturan kapal :

$$= \text{Panjang bidang sentuh kapal} + 1 \text{ fender}$$

Dimana panjang bidang sentuh secara praktis dapat ditentukan dengan persamaan $1/12 L$ s/d $1/10L$. Dengan memperhitungkan operasional dermaga, maka fender yang diperhitungkan untuk menerima benturan sandar kapal hanya 1 fender saja.

8) Penentuan Elevasi Fender

Elevasi Tepi Atas Fender

$$hi = \frac{H - (\delta_{maks} \times H)}{tg\theta} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

hi = jarak Atas Fender (m)

H = Tebal Fender (m)

 δ_{maks} = Sudut kemiringan tebal fender ($^{\circ}$)

9) Elevasi Tepi bawah

Penentuan elevasi tepi bawah fender yaitu :

Elevasi tepi bawah = Elevasi tepi atas - L_{fender}

10) Penentuan gaya reaksi Fender (R)

- Energi yang diserap fender (E_{fender})

$$E_{ijn} = \frac{E}{2 \times Ls} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan :

 E_{fender} = Energi yang diserap Fender (KNm)

E = Energi yang bertambat efektif (KNm)

Ls = Panjang bidang sentuh (m)

11) Energi reaksi tiap fender (E_{fender})

$$R_{ijn} = \frac{Rn}{L} \times Ls' \dots\dots\dots (2.22)$$

Dengan :

R = Reaksi tiap fender (KN)

RF = Karakteristik fender rencana (ton/m)

Nilai RF ditentukan berdasarkan kurva karakteristik fender rencana.

L = Panjang fender

Ls = Panjang bidang sentuh kapal pada fender (m)

2.6.2.2. Beban Bertambat Kapal (Mooring Force)

Gaya tambat kapal (mooring force) akibat pengaruh gaya angin dan arus ditahan oleh alat penambat (boulder). Nilai gaya tambat yang bekerja pada boulder ditentukan dari besarnya beban yang bekerja pada boulder akibat angin dan arus, kemudian dipilih yang paling dominan.

1) Gaya tambat kapal akibat pengaruh angina.

Gaya angin dihitung menurut *Design Manual Marine Fender Bridgestone Design-33*, yaitu :

$$R = 0,5 \times p \times C \times U^2 \times (A \cos^2 \theta + B \sin^2 \theta) \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan :

R = Gaya Angin (Kg)

p = berat jenis udara (0,123 kg.sec²/m⁴)

C = Koefisien Angin (m/s)

A = Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan angin (m²)

B = Luas bagian samping / frontal kapal diatas permukaan angin (m²)

Φ = Sudut arah angin terhadap sumbu kapal

2) Gaya tambat kapal akibat pengaruh arus

Akibat arus dihitung menurut *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia* hal. 12, yaitu :

- Dianggap arah arus menuju kapal tegak lurus dengan sumbu kapal

$$R_f = \frac{1}{2} \times P_o \times C \times V^2 \times B \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan :

R_f = Gaya arus maksimum (Kg)

P_o = Berat jenis air laut (1,03 kg/m³)

C = Koefisien tekanan arus (4,7)

V_t = Kecepatan Arus (0,15 m/s)

- Dianggap arah arus menuju kapal sejajar dengan sumbu kapal

$$R_f = 0,14 \times S \times V^2$$

Dengan :

R_f = Gaya arus maksimum (Kg)

S = Luas permukaan basah (m²)

V_t = Kecepatan arus maksimum rencana (0,15 m/s)

3) Menentukan posisi boulder dermaga

Penentuan posisi boulder berdasarkan ketentuan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, tabel 7.5 hal. 33* adalah sebagai berikut :

Tabel 2.5. Ketentuan Penetapan Boulder

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard	Min. Number of installation per Perth
2.001 – 5.000	20	6
5.001 – 20.000	25	6

4) Perencanaan Dimensi Boulder

Menghitung reaksi reaksi yang bekerja pada boulder untuk menentukan luas angker boulder. Menentukan diameter angker boulder dengan menggunakan rumus :

$$d = \sqrt{\frac{A_s}{1/4\pi}} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

d = Diameter boulder (mm)

A_s = luas angker Boulder

Menentukan tebal plat boulder dengan menggunakan rumus:

$$t = \sqrt{\frac{M}{1/6 D \sigma}} \dots\dots\dots (2.26)$$

5) Menentukan penjangkaran baut boulder.

Panjang penjangkaran baut boulder menurut *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) hal 5 – 156* untuk suatu batang kait dengan f_y sama dengan 400 MPa harus diambil sebesar :

$$L_{sf\ 1} = \frac{k_1.k_2.fsy.Ab}{(2a+db)\sqrt{fc'}} \geq 25 \times k_1 d_b \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

- k_1 = 1.0 (batang memanjang lain)
- k_2 = 2.4 (batang memanjang lain)
- Ab = Luas penampang baut (mm^2)
- Db = Diameter baut
- $L_{sf\ 1}$ = Panjang penjangkaran baut boulder (mm)

2.6.2.3. Beban Gempa

Berdasarkan *Standard Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984, hal. 10*, bahwa dalam perencanaan dermaga pengaruh dari gempa diperhitungkan, sehingga dermaga tersebut nantinya mampu menahan gempa yang terjadi. Perhitungan beban gempa yang dilakukan pada tiap portal karena gaya horisontal akibat beban gempa diterima oleh tiang pancang.

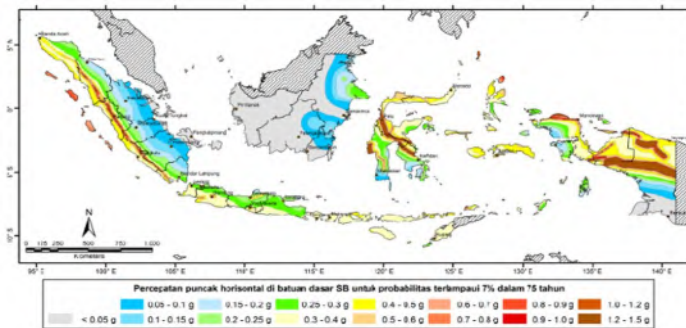
Beban gempa merupakan salah satu beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga dan trestle. Pengaruh beban gempa pada struktur dermaga dan trestle diterima oleh tiap portal yang diteruskan ke pondasi.

Pada perencanaan ini beban gempa di analisa 2 arah yaitu arah memanjang dermaga (sumbu X) dan arah melintang dermaga (sumbu Y). Pada saat proses input program SAP2000

diasumsikan untuk arah melintang dermaga mendapatkan beban horizontal 100% sedangkan pada arah memanjang beban gempa sebesar 30% dan sebaliknya.

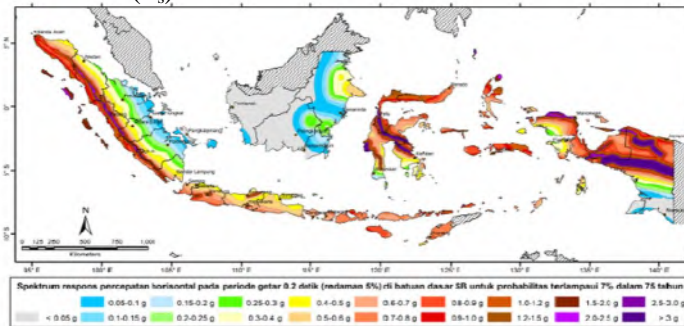
Untuk struktur dermaga dan trestle akan direncanakan sesuai dengan ***RSNI3-2013 Rancangan Standart Nasional Indonesia, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa***, dan dipilih perencanaan dengan Rangka Pemikul Momen Biasa dengan metode analisa gempa respon spectrum. Prosedur perencanaan beban gempa sebagai berikut :

1. Menentukan nilai PGA, S_s dan S_1 untuk gempa 7% dalam 75 tahun
 - a. Nilai percepatan puncak dibatuan dasar (PGA)

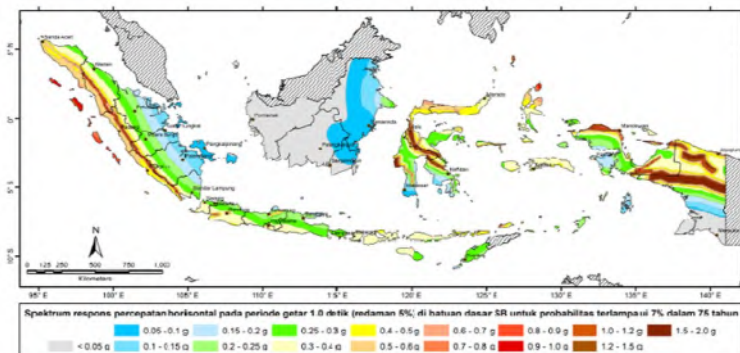


Gambar 2.10. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.

- b. Nilai parameter respons spektrum gempa untuk $T = 0,2$ detik (S_a)



Gambar 2.11. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 2.12. Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

2. Menentukan kelas situs berdasarkan tabel 2 pada halaman 18 RSNI 2013 gempa jembatan yaitu seperti pada tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.6. Kelas situs

Kelas Situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_u (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 50$
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa		
	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7.5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

3. Menentukan nilai F_{PGA}/F_a

Tabel 2.7. Faktor amplikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : 'RSNI- 2013 Pembebanan Gempa Untuk Jembatan tabel 3 hal. 19.

4. Menentukan nilai F_v .Tabel 2.8. Faktor amplikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber : RSNI – 2013 Pembebanan Gempa Untuk Jembatan
tabel 3 hal. 19.

5. Menentukan nilai S_{DI}

$$S_{DI} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots (2.28)$$

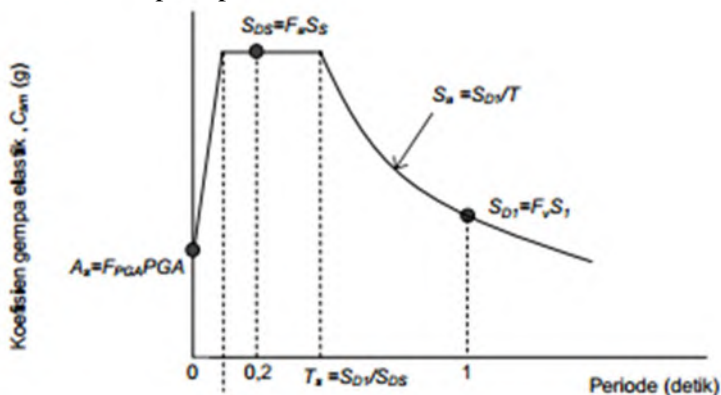
Dimana :

S_{DI} = Nilai spektrum permukaan tanah pada periode 1 detik

F_v = Nilai faktor amplikasi periode 1 detik

S_1 = Parameter respon spektrum percepatan untuk periode 1 detik.

6. Grafik respon spektrum



Gambar 2.13. Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

Respon spektra dipermukaan tanah ditentukan dari 3(tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia 2010 (PGA, Ss dan S1), serta nilai faktor amplikasi FPGA, Fa dan Fv.

Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut :

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \dots\dots\dots (2.29)$$

$$S_{DS} = F_A \times S_s \dots\dots\dots (2.30)$$

Dimana :

A_s = Koefisien percepatan puncak muka tanah (g)

F_{PGA} = Faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0 detik

PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada peta gempa Indonesia 2010

S_{DS} = Spektra permukaan tanah pada periode pendek ($T = 0,2$ detik)

F_A = Faktor amplikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 0,2 detik.

S_s = Parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode ($T = 0,2$ detik) mengacu pada peta gempa Indonesia 2010

7. Menentukan zona gempa

Tabel 2.9. Zona gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

8. Menentukan nilai *Load Case* U1 dan U2 beban gempa pada program SAP2000

$$U = C \times (I / R) \dots\dots\dots (2.31)$$

Dimana :

C = Gravitasi (9,8 m/s²)

I = Faktor kepentingan

R = Faktor modifikasi respon

Tabel 2.10. Faktor kepentingan

1. Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif.	1,2
2. Seluruh jembatan permanen lainnya dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi.	1,0
3. Jembatan sementara (misal: <i>Bailey</i>) dan jembatan yang direncanakan untuk pembebanan lalu lintas yang dikurangi sesuai dengan pasal 6.5.	0,8

Tabel 2.11. Faktor modifikasi respon (R)

Bangunan bawah	Kategori kepentingan		
	Sangat penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1,5	1,5	2,0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1,5	2,0	3,0
Tiang miring	1,5	1,5	2,0
Kolom tunggal	1,5	2,0	3,0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1,5	3,5	5,0
Tiang miring	1,5	2,0	3,0
Kolom majemuk	1,5	3,5	5,0

Catatan:

Pilar tipe dinding dapat direncanakan sebagai kolom tunggal dalam arah sumbu lemah pilar

2.6.3. Kombinasi Pembebanan

Di dalam *Standard Design Criteria For Port in In Indonesia, januari (1984)* tidak mengatur cara kombinasi pembebanan tetapi hanya mengatur besarnya beban yang bekerja. Sedangkan pada *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (1980)*, pasal 8.3 ayat 1 disebutkan bahwa beban gempa, angin dan gaya tarik boulder dianggap sebagai beban pada kondisi khusus, yaitu beban sementara. Dalam perencanaan ini digunakan beberapa kombinasi beban sebagai berikut:

- Kombinasi pembebanan pada dermaga
 1. 1,2 DL
 2. 1,2 DL + 1,6 LL
 3. 1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 CL
 4. 1,2 DL + 1,6 BL
 5. 1,2 DL + 1,6 BL + 1,0 LL
 6. 1,2 DL + 1,6 BL + 1,0 LL + 1,0 CL
 7. 1,2 DL + 1,3 ML
 8. 1,2 DL + 1,3 ML + 1,0 LL
 9. 1,2 DL + 1,3 ML + 1,0 LL + 1,0 CL
 10. 1,2 DL + EQy + 0,3EQx
 11. 1,2 DL + 0,3EQy + EQx
 12. DL
 13. DL + LL
 14. DL + LL + CL
 15. DL + BL
 16. DL + BL + LL
 17. DL + BL + LL + CL
 18. DL + ML
 19. DL + ML + LL
 20. DL + ML + LL + CL
 21. DL + EQy + 0,3EQx
 22. DL + 0,3EQy + Eqx

Dimana :

DL	= Dead Load (beban mati)
LL	= Live Load (beban hidup)
ML	= Mooring Load (beban tambat)
BL	= Berthing Load (beban benturan)
EQ	= Seismic Load (beban gempa arah)
UDL	= Uniform Dead Load (beban merata)
KEL	= Beban Garis

▪ Kombinasi pembebanan pada trestle

1. 1,2 DL
2. 1,2 DL + 1,6 LL
3. 1,2 DL + EQ_x + 0,3EQ_y
4. 1,2 DL + EQ_y + 0,3EQ_x
5. 1,2 DL + 1,6 LL + EQ_x + 0,3EQ_y
6. 1,2 DL + 1,6 LL + EQ_y + 0,3EQ_x
7. DL
8. DL + LL
9. DL + EQ_x + 0,3EQ_y
10. DL + EQ_y + 0,3EQ_x
11. DL + LL + EQ_x + 0,3EQ_y
12. DL + 1LL + EQ_y + 0,3EQ_x

2.7. Analisa Struktur dan Penulangan

Analisa struktur dermaga meliputi analisa plat penulangan, analisa balok dan penulangan, kontrol stabilitas plat dan balok, penulangan poer dan shear ring, dan perhitungan daya dukung struktur bawah.

2.7.1. Analisa Struktur Plat

Analisa struktur momen plat berdasarkan hasil output SAP2000 pada pelat dermaga dan trestle.

Dimana : Mtx = Momen tumpuan arah x
 Mty = Momen tumpuan arah y
 Mlx = Momen lapangan arah x
 Mly = Momen lapangan arah y

2.7.1.1. Perhitungan Tulangan Pelat

Kekuatan plat lantai terlentur direncanakan menggunakan tulangan rangkap dengan penulangan lentur. Perhitungan penulangan pada daerah tumpuan menggunakan momen terbesar, dengan langkah sebagai berikut :

Baja tulangan $\varnothing \leq 13 \text{ mm}$, $f_y = 240 \text{ MPa}$

Baja tulangan $\varnothing > 13 \text{ mm}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$M_n = M_u / \phi \dots\dots\dots (2.33)$$

$$m = f_y / 0,85 \cdot f_c' \dots\dots\dots (2.34)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \cdot d^2} \dots\dots\dots (2.35)$$

Rasio tulangan minimum :

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y \dots\dots\dots (2.36)$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.37)$$

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_{\max} \dots\dots\dots (2.38)$$

$$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d \dots\dots\dots (2.39)$$

Cek kemampuan nominal ;

$$T = A_{st} \times f_y \dots\dots\dots (2.40)$$

$$a = T / (0,85 \cdot f_c' \cdot b) \dots\dots\dots (2.41)$$

$$\phi M_n = \phi \cdot T \cdot x(d-a/2) \dots\dots\dots (2.42)$$

2.7.1.2. Kontrol Stabilitas Plat Lantai Dermaga

Kontrol stabilitas pada plat meliputi tinjauan terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :

a) Kontrol stabilitas retakan

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3* adalah bahwa retakan pada plat terlentur, bisa dianggap terkendali bila jarak pada titik berat ke titik berat tulangan pada masing masing arah tidak melampaui harga terkecil dari D atau 300 mm. maksudnya

adalah tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan.

b) Kontrol stabilitas Lendutan

Berdasarkan **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3** lendutan untuk plat dan gelagar harus dibatasi sedemikian bahwa

- 1) Lendutan Akibat pengaruh tetap (lawan lendut atau lendutan) adalah dalam batas yang wajar, yaitu :

$$0 < \Delta < L/300 \dots\dots\dots (2.43)$$

- 2) Lendutan pada beban hidup layan, termasuk kejut, yaitu :
 $0 < \Delta < L/800$ (untuk bentang) (2.44)

$$0 < \Delta < L/300 \text{ (untuk kantilever)} \dots\dots\dots (2.45)$$

Dengan :

Δ = lendutan yang terjadi

- 3) Lendutan Sesaat dan Lendutan jangka panjang

Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3*, lendutan sesaat ditentukan sebagai berikut :

- Menentukan lendutan sesaat dari analisa struktur SAP 2000 akibat pengaruh beban tetap dan sementara
- Menentukan lendutan jangka panjang berdasarkan Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 5.3, untuk menentukan nilai jangka panjang (Δ_{LT}) pada plat bertulang (dan gelagar) lendutan sesaat akibat beban tetap yang ditinjau dengan nilai pengali K_{cs} dengan ketentuan sebagai berikut :

$$K_{cs} = 2,0 \text{ } 1,2 \frac{A_{sc}}{bd} \geq 0.8 \dots\dots\dots (2.46)$$

Dengan A_{sc}/A_{st} pada gelagar menerus diambil pada tengah bentang.

2.7.2. Analisa Struktur Balok

Analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 untuk memperoleh gaya aksial, geser, momen, defleksi dan rotasi yang terjadi pada struktur dermaga kemudian akan digunakan untuk mengetahui daya kekuatan dan daya layan balok.

2.7.2.1. Penulangan Lentur.

Penulangan lentur balok baik tarik, tekan tumpuan, lapangan dilakukan dengan cara yang sama dengan penulangan lentur plat sebagai berikut :

$$Mn_t = \frac{Mu}{\phi} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$d = h - td - \frac{D_{lentur}}{2} - \emptyset_{geser} \dots\dots\dots (2.48)$$

$$A = \pi \cdot r^2 \dots\dots\dots (2.49)$$

$$Ast = A \cdot n \dots\dots\dots (2.50)$$

$$T = As \cdot fy \dots\dots\dots (2.51)$$

$$a = T / (0,85 \cdot fc' \cdot b) \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\phi Mn_c = T (d - a/2) \dots\dots\dots (2.53)$$

$$Mn_t < Mn_c \dots\dots\dots (2.54)$$

Dimana :

Mn_t = Momen nominal yang terjadi (N.mm)

d = Tinggi efektif beton (mm)

h = Tinggi beton (mm)

td = tebal decking (mm)

D_{lentur} = Diameter taksiran tulangan lentur (mm)

\emptyset_{geser} = Diameter taksiran tulangan geser (mm)

As = Taksiran kebutuhan luasan penampang (mm)

T = Gaya terhadap tulangan (N)

Mn_c = Momen nominal kemampuan tulangan (N.mm)

Jika diperlukan tulangan torsi, maka As torsi/4 ditambahkan pada kebutuhan As tulangan lentur.

2.7.2.2. Penulangan Geser

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Gedung perencanaan penampang terhadap geser menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\phi V_u \geq V_n \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

V_u = Gaya geser berfaktor pada penampang yang ditinjau

Dan V_n adalah gaya geser berfaktor yang dihitung menurut persamaan :

$$V_n = V_c + V_s \dots\dots\dots (2.56)$$

V_c yaitu kuat geser yang disumbangkan oleh beton yang dihitung sebagai berikut :

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2.57)$$

Perencanaan tulangan geser pada dasarnya dibagi atas 6 kondisi, yaitu sebagai berikut :

- Kondisi 1

$$V_u \leq V_c \dots\dots\dots (2.58)$$

Tidak perlu tulangan geser

- Kondisi 2

$$0,5 \cdot \phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot V_c \dots\dots\dots (2.59)$$

Tulangan geser minimum

- Kondisi 3

$$\phi \cdot V_c < V_u \leq \phi \cdot (V_c + V_{s_{\min}}) \dots\dots\dots (2.60)$$

Tulangan geser minimum

$$V_{S_{\min}} = \frac{1.bw.d}{3} \dots\dots\dots (2.61)$$

- Kondisi 4

$$\phi.(V_c + V_{S_{\min}}) < V < \phi.(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'c'.bw.d}) \dots\dots\dots (2.62)$$

Perlu tulangan geser

$$V_{S(\min)} = \frac{1.bw.d}{3} \dots\dots\dots (2.63)$$

- Kondisi 5

$$\phi.(V_c + \frac{1}{3}\sqrt{f'c'.bw.d}) < V < \phi.(V_c + \frac{2}{3}\sqrt{f'c'.bw.d}) \dots\dots\dots (2.64)$$

Perlu tulangan geser

$$V_{S(\min)} = \frac{1.bw.d}{3} \dots\dots\dots (2.65)$$

- Kondisi 6

$$V_s > \frac{2}{3}\sqrt{f'c'.bw.d} \dots\dots\dots (2.66)$$

Perhitungan Tulangan Geser :

$$V_s = V_n - V_c \dots\dots\dots (2.67)$$

$$V_s = \frac{A_v.f_y.d}{s} \dots\dots\dots (2.68)$$

$$\frac{A_v \text{ total}}{s} = \frac{2A_t}{s} + \frac{A_v}{s} \dots\dots\dots (2.69)$$

$$A_v + 2A_t = 75. \sqrt{f'c'}. \frac{bw \cdot s}{1200 \cdot f_{yv}} \dots\dots\dots (2.70)$$

Kemudian

$$A_v + 2A_t > \frac{1}{3} \cdot bw \cdot \frac{s}{f_{yv}} \dots\dots\dots (2.71)$$

Kontrol spasi :

$$S_{\max} : \frac{d}{4} \text{ dan } \leq 300 \text{ mm} \dots\dots\dots (2.72)$$

2.7.2.3. Penulangan Torsi

(Tu) dapat diabaikan jika lebih kecil dari :

$$\frac{\phi \sqrt{f'c'} \left(\frac{Acp^2}{Pcp} \right)}{12} \dots\dots\dots (2.73)$$

Kontrol dimensi penampang :

$$\sqrt{\left(\frac{Vu}{b.d} \right)^2 + \left(Tu \cdot \frac{Ph}{1.7.Aoh^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{Vc}{b.d} + \frac{2}{3} \sqrt{f'c'} \right).$$

$$\frac{0.85 \cdot \beta_1 \cdot f'c'}{f_y} \cdot \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \dots\dots\dots (2.74)$$

Tulangan puntir tambahan untuk menahan geser harus direncanakan dengan menggunakan persamaan :

$$T_n = \frac{2.Ao.At.fyv}{s} \cdot \cot \phi \dots\dots\dots (2.75)$$

Tulangan puntir tambahan untuk tulangan memanjang :

$$A_l = \frac{A_t}{s} \cdot ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \cdot \cot^2 \phi \dots\dots\dots (2.76)$$

Sedangkan tulangan puntir memanjang tidak boleh kurang dari :

$$A_{l_{\min}} = \frac{5 \cdot \sqrt{f'c'} \cdot Acp}{12 \cdot f_{yl}} - \left(\frac{A_t}{s} \right) Ph \cdot \frac{f_{yv}}{f_{yl}} \dots\dots\dots (2.77)$$

Luas tulangan tambahan kemudian disebar merata ke 4 sisi balok.

2.7.2.4. Kontrol Stabilitas Balok

a) Kontrol Retakan Balok

Retak pada plat terjadi disebabkan oleh momen yang bekerja pada plat tersebut, untuk menghindari bahaya retak pada plat tersebut perlu dilakukan kontrol retak pada balok yang mempunyai lebar 800 mm dan tinggi 1000 mm. Berdasarkan *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.7.4.1. sampai 6.6.3.10*

hal 6.83 adalah bahwa retakan pada balok bertulang bisa dianggap terkendali bila :

1. Jarak tulangan dari pusat ke pusat (s') dekat muka yang ditarik dari balok tidak melebihi 200 mm ($s' < 200$ mm)
2. Jarak dari tepi atau dasar balok ke pusat tulangan memanjang (dc') jangan lebih dari 100 mm ($dc' < 100$ mm)

6) Kontrol Lendutan Balok

Berdasarkan Peraturan Perencanaan teknik Jembatan, BMS (1992) pasal 6.7.4.1. sampai 6.6.5.4. lendutan pada balok dianggap memenuhi persyaratan yang ada bila perbandingan dengan tinggi efektif tidak lebih besar dari harga yang ditentukan berikut ini :

$$\frac{L_{ef}}{d} = \left[\frac{k_l (\Delta/L_{ef}) b_{ef} \cdot E_c}{k_2 \cdot F_{def}} \right]^{1/3} \dots\dots\dots (2.78)$$

Dengan :

Δ/L_{ef} = Batas lendutan yang dipilih sesuai dengan pasal 6.2.2.3 yaitu $L/800$

F_{def} = beban rencana efektif untuk setiap unit panjang, diambil sebesar :

$$F_{def} = (0,1 + Kcs) W + q \dots\dots\dots (2.79)$$

W = Beban Mati dan q beban Hidup

$$K_1 = L_{ef}/(b \cdot d^3)$$

= 0,045 untuk penampang segi empat

K_2 = Konstanta lendutan untuk balok menerus dimana pada bentang yang berdekatan perbandingan bentang panjang dan bentang pendek tidak melampaui 1,2 dan tidak ada bentang tepi yang lebih panjang dari bentang tengah, nilai K_2 = diambil sebesar 1/384 untuk bentang tengah dan 1/385 untuk bentang tepi.

2.7.3. Penulangan Poer

Penulangan pada poer (pile cap) adalah penulangan dengan menggunakan rumus sesuai dengan metode penulangan plat dan balok dermaga.

2.7.3.1. Penulangan Shear Ring

Shear Ring merupakan alat pemersatu bahan beton (poer) dengan baja (tiang pancang). Langkah-langkah penulangan shear ring adalah sebagai berikut :

- a) Menentukan kekuatan shear ring didalam tiang

$$V_{\text{shear ring total}} \geq P_u \text{ tiang} \dots\dots\dots (2.80)$$

$$V_{\text{shear ring}} = 0,85 \cdot f_c' \cdot D_{\text{shear}} \cdot \text{keliling dalam tiang} \dots\dots (2.81)$$

$$V_{\text{shear ring total}} = n \cdot V_{\text{shear ring}} \dots\dots\dots (2.82)$$

Dimana :

$V_{\text{shear ring}}$ = Kekuatan shear ring (ton)

P = Gaya yang terjadi pada tiang diambil dari output SAP2000 (ton)

n = Jumlah taksiran tulangan

- b) Menentukan luas tulangan yang disalurkan dari struktur atas.

$$A_{s\text{perlu}} = \frac{P_u}{\phi \cdot f_y \text{tulangan}} \dots\dots\dots (2.83)$$

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot n \dots\dots\dots (2.84)$$

$$A_{s\text{pakai}} \geq A_{s\text{perlu}} \text{ (OK)} \dots\dots\dots (2.85)$$

Dimana :

n = Jumlah taksiran tulangan

D = Diameter taksiran tulangan (mm)

- c) Menentukan panjang penyaluran dari struktur atas

Nilai yang diperhitungkan untuk panjang penyaluran dalam tekan yaitu dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$l_{db} = d_b \cdot \frac{f_y}{(4\sqrt{f_c'})} \dots\dots\dots (2.86)$$

d) Menentukan pengait base plate didasar beton

$$P = (A_t \cdot T_c \cdot B_j \text{ beton}) + (A_b + t_b \cdot B_j \text{ baja}) \dots \dots \dots (2.87)$$

$$A_p = \frac{P}{F_e} \cdot \frac{1}{n} \dots \dots \dots (2.88)$$

$$\Phi = \sqrt{\frac{4 \cdot A_p}{\pi}} \dots \dots \dots (2.89)$$

Dimana :

A_t = Luas penampang tiang (mm^2)

T_c = Tebal tiang pancang (mm)

B_j baja = berat jenis baja (7850 kg/m^3)

B_j beton = berat jenis beton (2400 kg/m^3)

n = Jumlah pengait

T_b = Tebal base plate (mm)

Φ = diameter kebutuhan pengait (mm)

2.7.3.2. Kontrol Kekuatan Shear Ring

Penentuan kekuatan ring menggunakan persamaan sebagai berikut :

a) Kontrol retak pada beton

$$V_c > V_u \text{ (Ok!)} \text{ tidak retak} \dots \dots \dots (2.90)$$

b) Kontrol kekuatan las

$$(\text{keliling las} \times \text{tebal las}) \times \sigma_e \times n \dots \dots \dots (2.91)$$

Dimana :

n = jumlah banyaknya shear ring

Panjang penyaluran dasar tulangan dalam kondisi tarik dihitung menurut SNI 2847-03-2002 pasal 14.2. yaitu sebagai berikut :

$$l_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_{c'}}} \cdot d_b \dots \dots \dots (2.92)$$

Dimana :

$\alpha = 1$

$\beta = 1$

2.8. Perhitungan Struktur Bawah

Perhitungan struktur bawah dermaga meliputi perhitungan daya dukung baik tiang maupun bahan.

2.6.1. Perhitungan Daya Dukung Vertikal Tiang Pancang

Perhitungan tiang pancang (pondasi) meliputi :

a. Pembebanan

Berdasarkan hasil perhitungan struktur utama (dengan menggunakan program SAP 2000), maka dapat dihitung gaya-gaya yang bekerja pada tiang pancang tegak dan miring.

b. Data tanah

Dari hasil penyelidikan tanah dengan Standard Penetration Test (SPT), diperoleh data-data yang diperlukan untuk perhitungan daya dukung tiang pancang.

c. Perhitungan daya dukung tanah menggunakan perumusan dari Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (2000) hal. 99-107 Ir. Suyono Sosro Darsono.

1) Daya dukung ijin tiang diperoleh dari persamaan berikut :

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot R_u \dots\dots\dots (2.93)$$

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot (R_p + R_f) \dots\dots\dots (2.94)$$

Dimana :

n = faktor keamanan

R_a = Daya dukung yang diijinkan (ton)

R_u = Daya dukung batas pada tanah pondasi (ton)

R_p = Daya dukung ujung tiang (ton)

R_f = Gaya geser dinding tiang (ton)

- 2) Daya dukung ujung tiang pancang tentukan nilai L/D

Dimana :

L = Panjang penetrasi

D = Diameter tiang

Diperoleh :

$$\frac{qd}{n} \dots\dots\dots (2.95)$$

Daya dukung ujung tiang :

$$R_p = qd \cdot A \dots\dots\dots (2.96)$$

- 3) Gaya geser maksimum dinding tiang

$$R_f = \sum l_i \cdot f_i \cdot U \dots\dots\dots (2.97)$$

Tabel 2.12. Intensitas gaya geser dinding tiang (f_i)

(Satuan: t/m^2)

Jenis tanah pondasi	Jenis tiang	
	Tiang pracetak	Tiang yang dicor di tempat
Tanah berpasir	$\frac{N}{5} (\leq 10)$	$\frac{N}{2} (\leq 12)$
Tanah kohesif	c atau $N (\leq 12)$	$\frac{c}{2}$ atau $\frac{N}{2} (\leq 12)$

$$f_i = c \text{ atau } N \leq 12$$

Dimana :

N = Nilai SPT

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = Besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

U = Keliling tiang (m)

2.6.2. Perhitungan Daya Dukung Akibat Beban Horizontal

Daya dukung horizontal dihitung berdasarkan beban pergeseran normal yang diijinkan pada kepala tiang, yaitu pergeseran paling maksimum pada ujung tiang. Bila besarnya pergeseran normal sudah ditetapkan, maka daya dukung mendatar yang diijinkan dapat ditentukan berdasarkan Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Suyono S, Kazuto Nakazawa, dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_a = \frac{4 \cdot EI \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \cdot \delta_a \dots \dots \dots (2.98)$$

Dimana :

H_a = Kapasitas daya dukung horisontal tiang

E = Modulus elastisitas bahan

I = Momen inersia penampang

δ = Pergeseran normal (diambil sebesar 1 cm)

K = Koefisien reaksi tanah dasar

$K = K_o \cdot y^{-0,5}$

$K_o = 0,2 \cdot E_o \cdot D^{-3/4}$

(Nilai K apabila pergeseran diambil sebesar 1 cm)

y = Besarnya pergeseran yang dicari

E_o = Modulus elastitas tanah = 28N

H = Tinggi tiang yang menonjol diatas permukaan tanah

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{K \cdot D}{4 \cdot EI}} \dots \dots \dots (2.99)$$

2.6.3. Safety Faktor Daya Dukung Tanah

Digunakan angka keamanan dalam menentukan daya dukung tiang pancang dimaksudkan untuk mengantisipasi kesulitan-kesulitan dalam menentukan sifat-sifat tanah ditempat dan didekat tiang pancang setelah tiang pancang tersebut dipancang atau diberlakukan dengan cara lain. Angka keamanan daya dukung tiang pancang menurut Technical Standards For

Port and Harbour Facilities in Japan (1980) adalah seperti pada tabel 2.13 berikut :

Tabel 2.13. Angka Keamanan Gaya Tekan

Normal (Biasa)		2,5 atau lebih
Selama gempa bumi	Tiang Pancang Dukung	1,5 atau lebih
	Tiang Pancang Gesekan	2,0 atau lebih

Sumber : *Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan (1980).*

Untuk angka keamanan yang membagi gaya tarik maksimum tiang pancang, dapat dilihat pada tabel 2.14. sebagai berikut :

Tabel 2.14. Angka Keamanan Gaya Cabut

Normal (Biasa)	3,0 atau lebih
Selama Gempa Bumi	2,5 atau lebih

Tabel 2.15. Angka Keamanan Daya Dukung Horizontal

Konstruksi Penting	1,5 atau lebih
Konstruksi Lainnya	1,1 atau lebih

Kekuatan tiang menahan beban vertikal dihitung menurut peraturan PPBBI Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia, pasal 4.1.1., sehingga kekuatan tiang baja dihitung dengan persamaan :

$$\sigma = \omega \frac{N}{A} \dots \dots \dots (2.100)$$

Dimana :

- σ = Tegangan Ijin Baja
- N = Gaya Tekan Pada Tiang
- A = Luas Penampang Tiang

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metodologi suatu perancangan adalah tata cara atau urutan kerja suatu perhitungan untuk memperoleh hasil perancangan dermaga. Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini sebagaimana ditunjukkan pada bagan metodologi, dijelaskan sebagai berikut:

3.1. Pengumpulan Data

Dalam melakukan perencanaan struktur dermaga diperlukan data yang akan digunakan pereliminari design. Data tersebut meliputi :

1. Data Bathymetri
2. Data Arus dan Pasang Surut
3. Data Kapal
4. Data Angin dan Gelombang
5. Data Tanah
6. Jenis Dermaga

3.2. Spesifikasi Kapal Rencana

Berdasarkan data dari Pelabuhan Murhum Baubau :

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| 1. Jenis Kapal | : <i>Container Ship</i> |
| 2. Bobot Mati | : 15.000 DWT |
| 3. Panjang kapal (Loa) | : 179 meter |
| 4. Breadth (lebar) | : 26,4 meter |
| 5. Tinggi Kapal | : 14,50 meter |
| 6. Max. Draft | : 9,50 meter |

3.3. Spesifikasi Dermaga

1. Pembangunan dermaga baru dengan konstruksi beton deck on pile
2. Panjang dermaga : $Loa + 10 \% = 158m + 15,8 m = 173,8 m \approx 200 m$
3. Lebar dermaga :
 Direncanakan dermaga dapat memenuhi kebutuhan manuver truck. Jika diasumsikan jari-jari putaran truck sebesar 15 m, jarak tepi dengan rail span 2 m, jarak antar rail span $11m + 1m$ kantilever, maka lebar dermaga :

$$L = 15m + 2m + 11m + 1m = 29 m$$
4. Struktur pondasi menggunakan pondasi tiang pancang baja
5. Direncanakan dapat melayani kapal 15.000 DWT
6. Kondisi pasang surut
 - Kondisi pasang tertinggi (HWS) : $+ 2.679 m$
 - Kondisi surut terendah (LWS) : $\pm 0 m$
 - Seabed Rencana (draft) : $14 - 18 m$

3.4. Analisa Perancangan Struktur

Analisa perancangan struktur dermaga meliputi :

a. Syarat teknis perancangan

Syarat syarat teknis perancangan meliputi data perancangan, data bahan, jenis-jenis beban yang bekerja pada struktur serta kombinasi beban.

b. Perancangan struktur dermaga

Langkah awal pada perancangan struktur dermaga adalah mendisain dimensi struktur. Dimana perancangan dimensi ini meliputi dimensi dermaga, tebal plat, dimensi balok, dimensi pile cap, dan tiang pancang.

1. Perencanaan apron
2. Perencanaan tebal plat dermaga
3. Dimensi balok

4. Dimensi tiang pancang rencana
5. Dimensi pile cap

c. Kontrol kelangsingan balok

kontrol kelangsingan balok dihitung berdasarkan *Peraturan Teknik Jembatan, BMS* (1992).

d. Pembebanan

Beban beban yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban horizontal dan vertikal dan kombinasi keduanya.

1. Beban Vertikal
 - Beban Merata
 - Beban Terpusat
2. Beban Horisontal
 - Beban benturan kapal (berthing force)
 - Beban tambatan kapal (mooring force)
 - Beban gempa
3. Kombinasi pembebanan

e. Perencanaan Fender

Fender merupakan bantalan yang menahan benturan antara kapal dengan dermaga ketika kapal merapat.

1. Perhitungan energi sandar kapal
2. Jarak Fender
3. Pemilihan Fender
4. Elevasi Fender dan gaya Reaksi Fender

f. Perencanaan Boulder

Boulder merupakan alat yang berfungsi menahan kapal ketika kapal bersandar atau tambat di dermaga agar tetap pada posisinya.

- a. Gaya tambat kapal
- b. Perhitungan boulder
- c. Pemasangan boulder

g. Analisa Struktur

Analisa struktur dermaga menggunakan program SAP 2000 untuk mendapatkan gaya gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan momen yang bekerja pada plat dan balok.

h. Penulangan dan kontrol stabilitas struktur

Penulangan meliputi plat, balok memanjang, balok melintang, balok anak, dan pile cap. Kontrol stabilitas diperlukan untuk menjamin perilaku struktur yang memadai pada kondisi beban kerja. Kontrol meliputi kontrol terhadap retak dan lendutan.

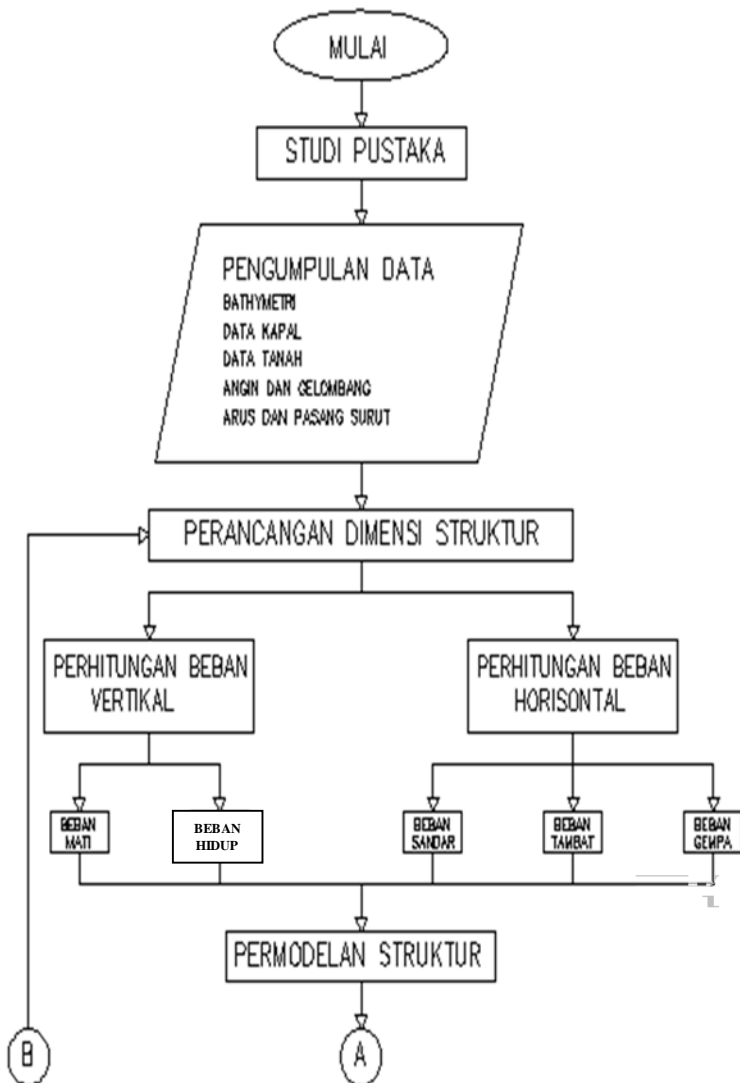
3.5. Penggambaran Struktur

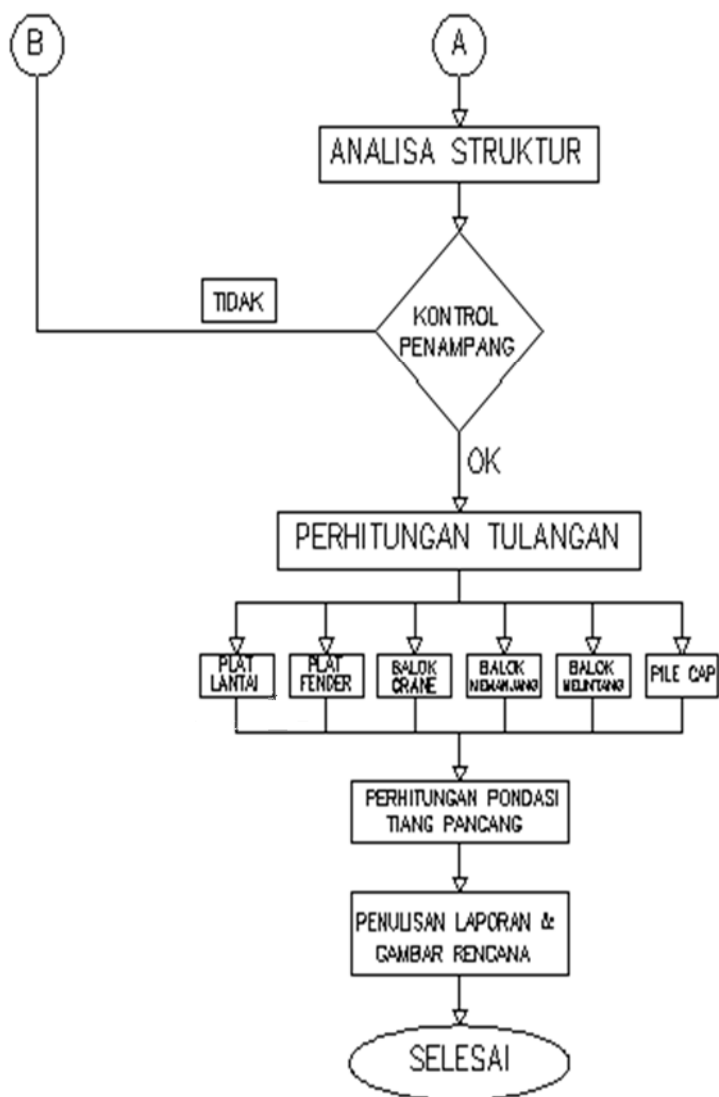
Setelah perhitungan struktur selesai, maka dilakukan penggambaran struktur menggunakan aplikasi komputer Auto Cad.

3.6. Penulisan Laporan

Tugas akhir merupakan bentuk karya ilmiah, maka dalam penulisan tugas akhir diperlukan laporan yang penulisannya disusun secara sistematis dan terperinci.

3.7. Bagan Metodologi





BAB IV

PLEMINARY DESAIN

4.1. Dimensi Dermaga

Dimensi suatu pelabuhan ditentukan berdasarkan panjang, lebar, elevasi apron dan daerah pendukungnya. Semua ukuran dasar tersebut sangat menunjang kemampuan dermaga dalam melayani jenis kapal dan efisiensi dalam proses transportasi penumpang dan barang. Selain itu diperlukan perancangan yang cermat sehingga diperoleh panjang trestle yang tepat sebagai jembatan penghubung antara daratan dan dermaga dilaut.

Ukuran dan konstruksi dermaga serta trestle juga menentukan besar investasi yang diperlukan sehingga diperoleh konstruksi dermaga yang kuat, aman dan efisien.

4.1.1. Panjang Dermaga

Dalam perancangan kebutuhan panjang dermaga ditentukan berdasarkan kapal rencana sesuai dengan fungsi dermaga. Berdasarkan *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia, 1984*, panjang dermaga rencana adalah :

$$\begin{aligned}L_p &= L_{oa} + 10\% \\&= 179 \text{ m} + 17,9 \text{ m} \\&= 196,9 \approx 200 \text{ m}\end{aligned}$$

Dimana :

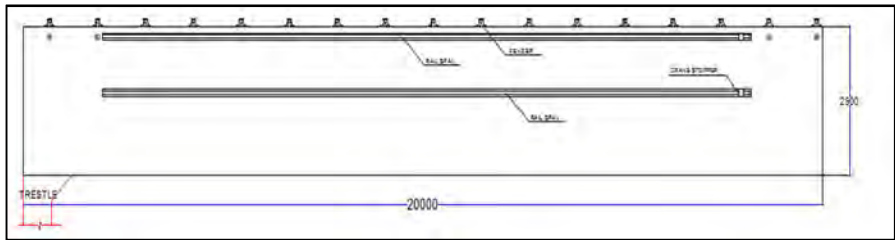
L_p = Panjang rencana dermaga (m)

L_{oa} = Panjang kapal (m)

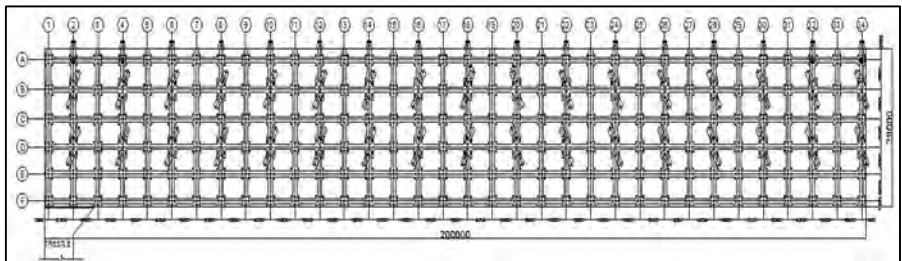
4.1.2. Lebar Dermaga

Dermaga direncanakan dapat memenuhi kebutuhan manuver truk. Jika diasumsikan jari-jari putaran truk sebesar 15m, Jarak tepi dengan rail span 2 meter, jarak antar rail span 11 meter + 1 meter kantilever, maka lebar dermaga :

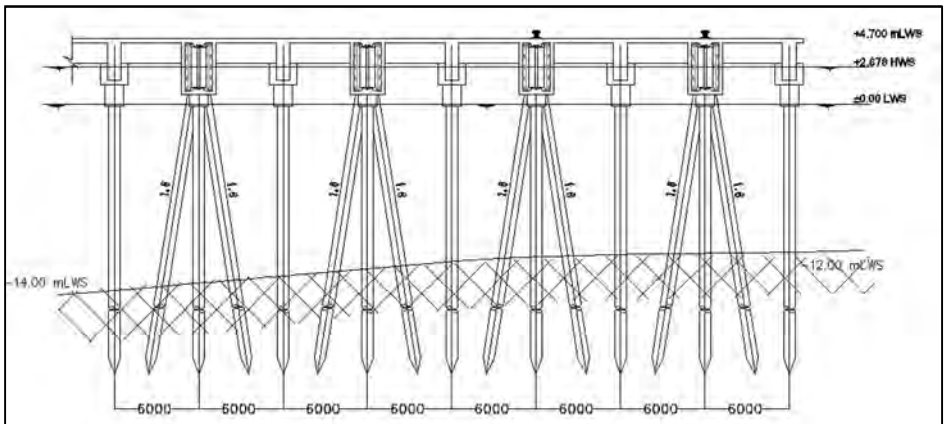
$$\begin{aligned}L &= 15 \text{ m} + 2 \text{ m} + 11 \text{ m} + 1 \text{ m} \\&= 29 \text{ meter}\end{aligned}$$



Gambar 4.1. Tampak atas rencana dermaga



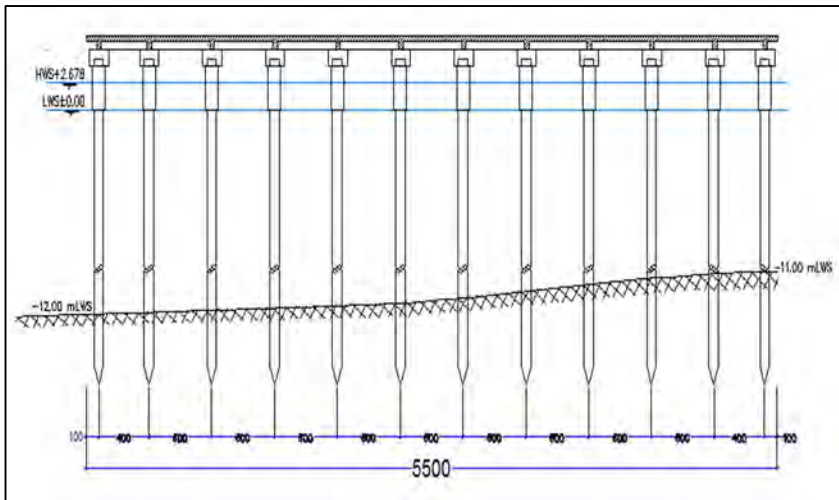
Gambar 4.2. Denah rencana dermaga



Gambar 4.3. Potongan memanjang rencana dermaga

4.2. Dimensi Trestle

Gambar 4.5. Denah rencana trestle



Gambar 4.6. Tampak memanjang rencana trestle

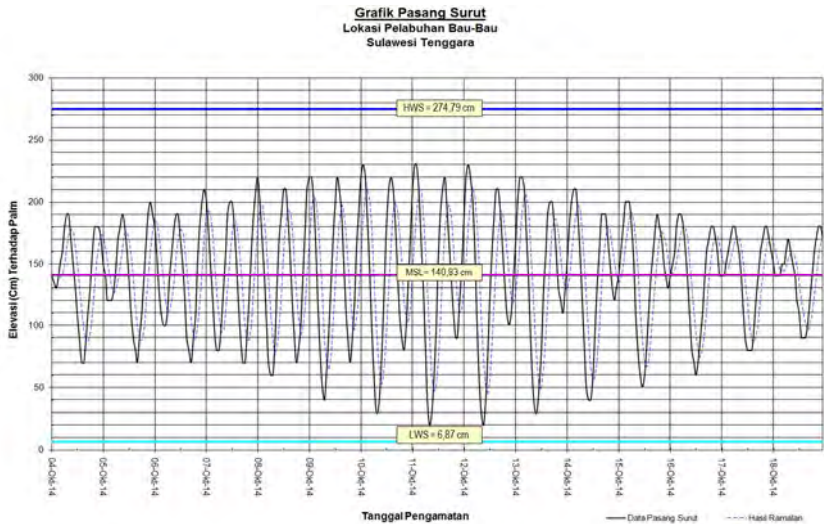
4.3. Elevasi Apron Dermaga

Menentukan elevasi lantai dermaga diatas HWLS (High Water Level Spring) berdasarkan besarnya pasang surut air laut dan kedalaman rencana dapat dilihat pada tabel 4.1. berikut :

Tabel 4.1. Elevasi Dermaga diatas HWL

Pasang Surut Kedalaman	Pasang Surut terbesar 3m atau lebih	Pasang surut kurang dari 3 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $\geq 4,5$ m	0,5 – 1,5 m	1,0 – 3,0 m
Dermaga untuk kapal – kapal yang memerlukan kedalaman air $< 4,5$ m	0,3 – 1,0 m	0,5 – 1,5 m

Sumber : Standart Design Criteria Ports of Indonesia (1984)



Gambar 4.7. Grafik pasang surut

Tabel 4.2. Hasil akhir elevasi penting berdasarkan elevasi acuan

Highest Water Spring	(HWS)	=	267,93 cm
Mean High Water Spring	(MHWS)	=	208,26 cm
Mean High Water Level	(MHWL)	=	194,04 cm
Mean Sea Level	(MSL)	=	133,96 cm
Mean Low Water Level	(MLWL)	=	73,88 cm
Mean Low Water Spring	(MLWS)	=	59,67 cm
Lowest Water Spring	(LWS)	=	0,00 cm

Diketahui karakteristik kapal rencana sebagai berikut :

Jenis Kapal : Kapal Kontainer

Bobot : 15.000 DWT (*Dead Weight Tonnage*)

Panjang : 179 m

Lebar : 26,4 m

Tinggi (H) : 14,4 m

Max. Draft : 9,50 m

Kondisi Alam :

Pasang Surut Tertinggi (HWS) : +2.679 m LWS

Pasang Surut Terendah (LWS) : $\pm 0,00$ m

Berdasarkan ketentuan tabel 4.1, penentuan elevasi apron dengan kedalaman perairan rencana ditentukan oleh sarat penuh kapal rencana. Maka dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Elev. Apron} &= \text{Elev. HWS} + 2 \text{ m} \\ &= + 2.679 \text{ m} + 2 \text{ m} \\ &= 4.679 \text{ m} \approx 4.7 \text{ meter}\end{aligned}$$

Sehingga Elevasi Apron +4.70 m dari LWS

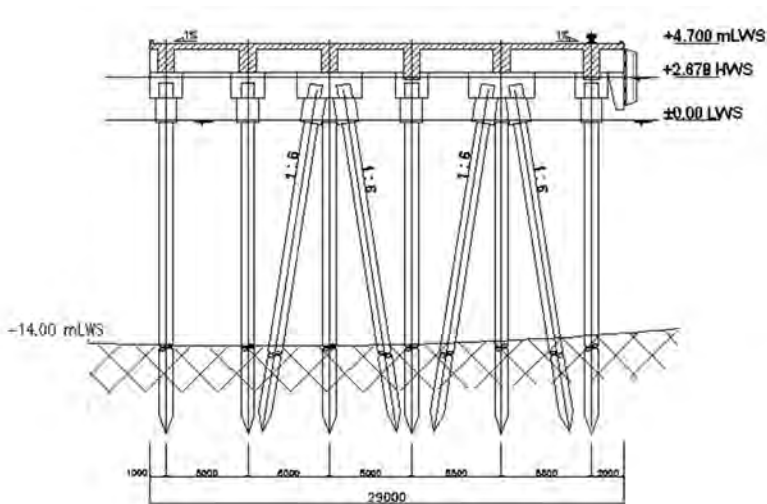
4.4. Penentuan Kedalaman Kolam Pelabuhan

Penentuan kedalaman kolam pelabuhan pada perencanaan dermaga Murhum Baubau ini yaitu 12 m sampai 18 meter mengikuti konstruksi dermaga peti kemas yang telah ada. Maka dilakukan kontrol terhadap draft maksimum dari kapal 15.000 DWT berdasarkan max. draft kapal yang bertambat ditambah dengan jarak aman (0,8 m – 1 m) dibawah ujung bagian bawah kapal yaitu :

$$\text{Max. Draft} = 9.0 \text{ meter}$$

$$\text{Kedalaman} = 9.0 \text{ m} + 0,8 \text{ m} = 9,8 \text{ meter}$$

Sehingga kedalaman kolam pelabuhan 12 meter sampai 18 meter aman terhadap kapal yang 15.000 DWT yang akan bertambat. Untuk lebih jelasnya dilihat pada gambar 4.8. berikut.



Gambar 4.8. Elevasi Dermaga

4.5. Penetapan Dimensi Struktur

Penetapan Dimensi Struktur Dermaga meliputi dimensi plat, balok, pile cap dan tiang pancang dermaga.

4.5.1. Dimensi Plat

Lantai Dermaga berfungsi sebagai penerima beban yang langsung bekerja di atasnya. Beban yang diterima beserta beban sendiri diteruskan ke balok dibawahnya. Pada lantai terdapat boulder untuk menambatkan kapal. Diatas lantai bekerja beban-beban hidup, mati dan terpusat.

Perhitungan dimensi plat lantai dermaga terlentur dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

$$ts \geq 100 + (0,04 \cdot L) \text{ mm}$$

Dimana : ts = tebal pelat lantai (mm)

L = jarak pelat antar tumpuan (mm)

- a. Tebal pelat dermaga :

$$ts \geq 100 + (0,04 \cdot 6000) = 340 \text{ mm}$$

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

$$340 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm}$$

Maka direncanakan pelat dermaga dengan tebal 350 mm.

- b. Tebal pelat trestle :

$$ts \geq 100 + (0,04 \cdot 5000) = 300 \text{ mm}$$

$$ts \geq 200 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Maka direncanakan pelat trestle dengan tebal 300 mm.

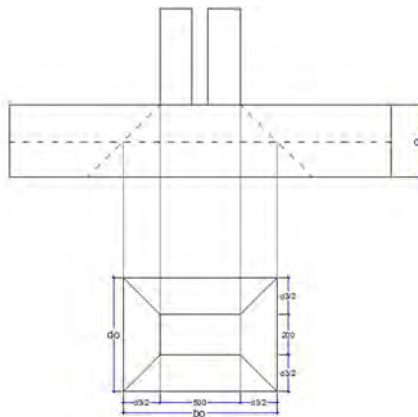
- ❖ Kontrol pelat lantai terhadap geser pons

- Pelat dermaga

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 \leq 2 [a+d3+b+d3] \cdot d3 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{30}$$

$$(1+0,4) \times 10^5 \cdot 2 \leq 2[200+350+500+350] \cdot 350 \cdot 1/6 \cdot \sqrt{30}$$

$$280.000 \text{ N} \leq 894.613,51 \text{ N} \quad \textbf{(OK)}$$



Gambar 4.9. Geser pons dermaga bagian tengah

- Pelat jembatan penghubung

$$(1 + DLA) \cdot P \cdot 2 \leq 2 [a + d_3 + b + d_3] \cdot d_3 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30}$$

$$(1 + 0,4) \times 10^5 \cdot 2 \leq 2 [200 + 300 + 500 + 300] \cdot 300 \cdot \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30}$$

$$280.000 \text{ N} \leq 712.039,33 \text{ N} \quad \textbf{(OK)}$$

4.5.2. Dimensi Balok

4.5.2.1. Dimensi Balok Dermaga

Direncanakan balok dermaga terdiri dari balok crane, balok melintang, balok memanjang dan balok tepi. Perencanaan awal dimensi balok dihitung berdasarkan persamaan (2.3.), sebagai berikut

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

Dimana :

D = Tinggi gelagar (mm)

L = Panjang gelagar (mm)

Selain itu untuk kontrol kelangsingan balok berdasarkan persamaan (2.4.) dan (2.5.) sebagai berikut :

$$\frac{L}{b_{ef}} \leq 240 \frac{b_{ef}}{D}$$

$$\frac{L}{b_{ef}} \leq 60$$

Dimana :

D = tinggi balok (mm)

L = panjang balok (mm)

b_{ef} = lebar balok (mm)

Perhitungan dimensi balok berdasarkan ketentuan diatas sebagai berikut :

a. Balok Crane (B1)

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

$$D > 561 \text{ mm}$$

$$b = \frac{2}{3} \times D$$

$$= 374 \text{ mm}$$

Dengan memperhatikan BDM PPTJ, hal 5-3 bahwa tebal untuk selimut beton terendam air adalah 5,5 cm, akan tetapi dengan mempertimbangkna lokasi dermaga yang terletak

didaerah pantai maka tebal selimut beton direncanakan 8 cm dengan dimensi balok Crane **2,2 m / 1 m**.

Kontrol kelangsingan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{600}{100} = 6,00 &\leq 240 \frac{100}{200} = 120 \\ \frac{600 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 6,00 &< 60 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\frac{600}{100}} \right\} \text{ ok}$$

- b. Balok Memanjang (B2)

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

$$D > 561 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \times D$$

$$= 374 \text{ mm}$$

Jadi direncanakan dimensi balok memanjang **1.8 m / 1 m**.

Kontrol kelangsingan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{600}{100} = 6,00 &\leq 240 \frac{100}{180} = 133,333 \\ \frac{600 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 6,00 &< 60 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\frac{600}{100}} \right\} \text{ ok}$$

- c. Balok Melintang (B3)

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

$$D > 528 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \times D$$

$$= 352 \text{ mm}$$

Jadi direncanakan dimensi balok melintang **1.8 m / 1 m**.

Kontrol kelangsingan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{550}{100} = 5,50 &\leq 240 \frac{100}{180} = 133,333 \\ \frac{500 \text{ cm}}{100 \text{ cm}} = 5,50 &< 60 \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\frac{550}{100}} \right\} \text{ ok}$$

4.5.2.2. Dimensi Balok Trestle

- a. Balok Memanjang, L = 5 meter

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

$$D > 495 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \times D$$

$$= 330 \text{ mm}$$

Jadi direncanakan dimensi balok memanjang **0.7 m / 0.35 m**.

Kontrol kelangsingan sebagai berikut :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{500}{35} = 14,3 \leq 240 \quad \frac{35}{70} = 120 \\ \frac{500 \text{ cm}}{35 \text{ cm}} = 14,29 < 60 \end{array} \right\} \text{ ok}$$

b. Balok Melintang, L = 4 meter

$$D > 165 + 0,066 \cdot L \text{ mm}$$

$$D > 429 \text{ mm}$$

$$b = 2/3 \times D$$

$$= 286 \text{ mm}$$

Jadi direncanakan dimensi balok melintang **0.7 m / 0.35 m**.

Kontrol kelangsingan sebagai berikut :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{400}{30} = 13,33 \leq 240 \quad \frac{30}{60} = 120 \\ \frac{400 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 13,33 < 60 \end{array} \right\} \text{ ok}$$

Tabel 4.3. Resume Balok Dermaga

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Crane	200	100	Dermaga
2	B2. Balok Melintang	180	100	Dermaga
3	B3. Balok Memanjang	180	100	Dermaga

Tabel 4.4. Resume Balok Trestle

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B4. Balok Memanjang	70	35	Trestle
2	B5. Balok Melintang	70	35	Trestle

4.5.3. Dimensi Poer / Pile Cap

Dimensi poer berdasarkan ukuran tiang pancang dan jumlah yang terpasang dapat dilihat pada tabel 4.5. berikut.

Tabel 4.5. Dimensi poer yang digunakan

Type	Dimensi (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
PC1	2000 x 2000 x 1500	1	Tiang tegak dermaga Ø 812.8
PC2	2000 x 4000 x 1500	2	Tiang miring dermaga Ø 812.8
PC3	2000 x 2000 x 1000	1	Tiang tegak trestle Ø 762

4.5.4. Tiang Pancang

Data dimensi tiang pancang yang akan digunakan diambil dari *Technical Spesification of Spiral Welded Pipe, Perusahaan Dagang dan Industri PT. Gunung Raja Paksi*, ditunjukkan pada tabel 4.4. berikut :

Tabel 4.6. Data Tiang Pancang Baja

Diameter Tiang (mm)	Tebal Tiang (mm)	Letak	Keterangan
812.8	16	Dermaga	Tegak
812.8	16	Dermaga	Miring
762	18	Trestle	Tegak

Tabel 4.7. Panjang penjepitan untuk tiang pancang 812,8 mm pada konstruksi dermaga.

Parameter		Unit	812.8 mm
Diameter luar	d1	cm	81.28
Diameter dalam	d2	cm	78.08
Tebal	t	cm	1.6
Luas Penampang	A	cm ²	400.31
Momen Inersia	I	cm ⁴	317982.28
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm ²	2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m	2.15
Kedalaman Perairan	h	m	18.5
h + d	e	m	20.65
Panjang tiang tertanam	lt	m	12
Panjang total tiang	L	m	33.00
N		blow/feet	60
kh = 0.15*N		kg/cm ³	9
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{\wedge}0.25)$	β	m	2.458
Pnjng titik jepit dr dasar		m	9.542
Titik jepit tiang input kedalam SAP	Z	m	23.00

Tabel 4.8. Panjang penjepitan untuk tiang pancang 762 mm pada konstruksi trestle.

Parameter		Unit	762 mm
Diameter luar	d1	cm	76.2
Diameter dalam	d2	cm	72.6
Tebal	t	cm	1.8
Luas Penampang	A	cm ²	420.51
Momen Inersia	I	cm ⁴	291276.42
Modulus Elastisitas Baja	E	kg/cm ²	2100000
Jarak As pile cap ke LWS	d	m	3.45
Kedalaman Perairan	h	m	13
h + d	e	m	16.45
Panjang tiang tertanam	lt	m	12
Panjang total tiang	L	m	28.00
N		blow/feet	60
kh = 0.15*N		kg/cm ³	9
$1 / ((kh \cdot D / (4EI))^{0.25})$	β	m	2.444
Pnjng titik jepit dr dasar		m	9.556
Titik jepit tiang input kedalam SAP	Z	m	18.00

BAB V

ANALISA PEMBEBANAN

5.1. Beban Vertikal

Beban vertikal yang bekerja pada struktur dermaga yaitu beban sendiri struktur dan beban hidup. Hasil dari perhitungan tersebut kemudian diinput ke program SAP 2000 untuk menghitung gaya yang bekerja pada struktur dermaga. Perhitungan beban vertikal sebagai berikut :

5.1.1. Beban Vertikal Pada Jetty

Perhitungan beban vertikal yang bekerja pada struktur jetty :

a. Beban Merata Pada Jetty

- Berat sendiri plat ($t = 0,35\text{m}$) $= 0,35 \text{ m} \times 2,5 \text{ t/m}^3 = 0,875 \text{ t/m}^2$
 - Berat aspal ($t = 0,05\text{m}$) $= 0,05 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 = 0,11 \text{ t/m}^2$
 - Berat air hujan ($t = 0,05\text{m}$) $= 0,05 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} = 0,05 \text{ t/m}^2$
- $qD = 1,049 \text{ t/m}^2$

b. Beban Hidup Merata Pada Jetty

Berdasarkan *Standart Design Criteria For Ports in Indonesia* pasal V.2 tabel 5.5 halaman 16 yaitu ditentukan sebesar 3 t/m^2 .

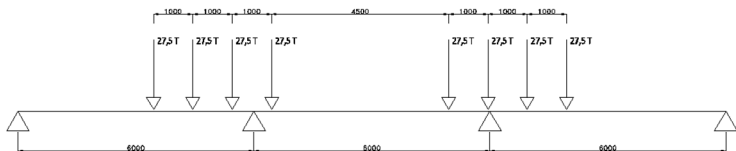
c. Beban Terpusat Pada Jetty

Yaitu beban kendaraan atau beban hidup yang bekerja diatas plat lantai dermaga selain beban merata juga merupakan beban terpusat (beban T). Seperti pada gambar 2.1. pada BAB II bahwa beban roda truk adalah sebesar $112,5 \text{ kN} \times 2$ untuk roda belakang dan 25 kN pada roda depan. Perhitungan beban truk mengacu pada *SNI T-02-2005 Pembebanan Untuk Jembatan, Pasal 6.4.1*.

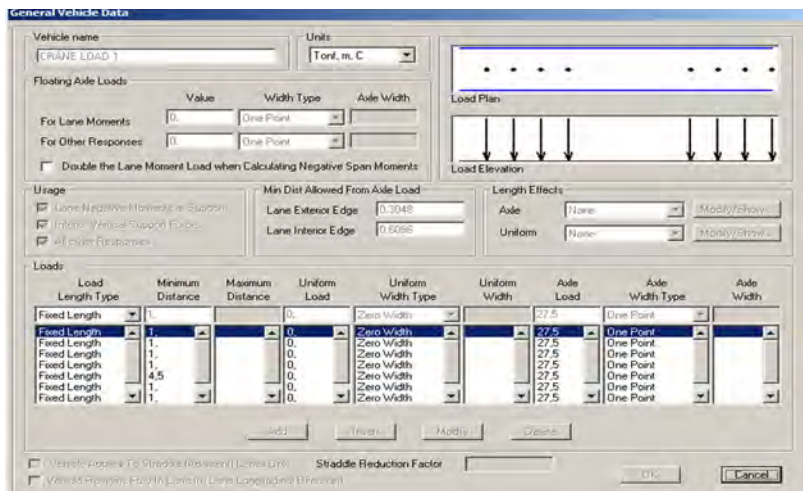
Perhitungan lebar penyebaran beban kerja pada plat dengan anggapan bahwa plat dengan tebal yang memikul beban dalam satu arah dinyatakan lebar manfaat sebagaimana yang terlihat pada gambar 2.2. pada BAB II yaitu sebagai berikut :

- Arah bentang $L_y = a$
 $a = 20\text{cm} + 2x[(1/2 \times t_s) + t_a]$
 $a = 20\text{cm} + 2x[(1/2 \times 35\text{cm}) + 5\text{cm}]$
 $a = 60\text{ cm}$
- Arah bentang $L_x = b$
 $b = 50\text{cm} + 2x[(1/2 \times t_s) + t_a]$
 $b = 50\text{cm} + 2x[(1/2 \times 35\text{cm}) + 5\text{cm}]$
 $b = 90\text{ cm}$

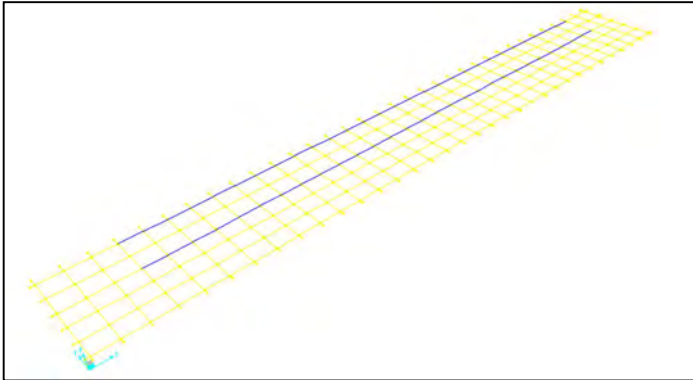
d. Beban Crane



Gambar 5.1. Beban Hidup terpusat Jib Portal Crane



Gambar 5.2. Model Pembebanan Crane pada SAP2000



Gambar 5.3. Lane yang dilalui beban crane

5.1.2. Beban Vertikal Pada Trestle

Beban vertikal yang bekerja pada trestle yaitu sebagai berikut :

a. Beban Merata pada Trestle

- Berat sendiri plat ($t = 0,35\text{m}$) $= 0,30 \text{ m} \times 2,5 \text{ t/m}^3 = 0,750 \text{ t/m}^2$
- Beban aspal ($t = 0,05$) $= 0,05 \text{ m} \times 2,2 \text{ t/m}^3 = 0,11 \text{ t/m}^2$
- Berat air hujan ($t = 0,05\text{m}$) $= 0,05 \text{ m} \times 1 \text{ t/m}^3 = 0,049 \text{ t/m}^2$

$$qD = 0,91 \text{ t/m}^2$$

b. Beban Lajur (D)

Beban D terdiri dari beban terbesar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL). Panjang Trestle direncanakan 180 meter dan dibagi 3 section, setiap section memiliki panjang 60 meter. Sehingga beban UDL dapat dihitung sesuai dengan persamaan 2.12 sebagai berikut :

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{L}\right)$$

$$q = 8,0 \cdot \left(0,5 + \frac{15}{60}\right)$$

$$q = 6,00 \text{ kPa} = 6,00 \text{ kN/m}^2$$

Sedangkan beban KEL berdasarkan persamaan 2.13 pada BAB II dapat dihitung sebagai berikut :

$$P = 44 \text{ kN/m}$$

$$L = 60 \text{ m} \rightarrow \text{DLA} = 38\% \text{ (Gambar 2.6)}$$

$$P_{\text{KEL}} = (1 + \text{DLA}) \times P$$

$$P_{\text{KEL}} = (1 + 0.38) \times 44$$

$$P_{\text{KEL}} = 60,72 \text{ kN/m}$$

$$\text{Lebar} = 7 \text{ meter}$$

$$P_{\text{KEL}} = 60,72 \text{ kN/m} : 7 \text{ m}$$

$$P_{\text{KEL}} = 8,67 \text{ kN}$$

5.2. Beban Horisontal

Ada dua macam beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga yaitu beban tumbukan kapal (*berthing force*) dan beban bertambat kapal (*mooring force*).

5.2.1. Beban Tumbukan Kapal (*Berthing Force*)

Beban tumbukan kapal pada dermaga diterima oleh fender. Fender merupakan bantalan karet yang diletakkan pada sisi depan dermaga dan berfungsi menyerap energi benturan kapal terhadap struktur dermaga. Akibat adanya benturan kapal, maka terjadilah energy tambat efektif (E) yang dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini. Rumus yang digunakan dengan mempertimbangkan metode merapat kapal serta jenis fender yang akan digunakan.

Perhitungan Virtual Weight (W) berdasarkan rumus yang tertera pada BAB II persamaan 2.15 – 2.17 yaitu sebagai berikut :

$$W1 = \frac{4}{3} \times DWT$$

$$W1 = \frac{4}{3} \times 15.000$$

$$W1 = 20.000 \text{ ton}$$

$$W2 = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times L \times \gamma_w$$

$$W2 = \frac{\pi}{4} \times (9,5)^2 \times 179 \times 1.025 \text{ ton/m}^2$$

$$W2 = 12998,52 \text{ ton}$$

$$W = W1 + W2$$

$$W = 20.000 \text{ ton} + 12.998,52 \text{ ton}$$

$$W = 32998,52 \text{ ton}$$

Perhitungan waktu eksentris berdasarkan rumus yang tertera pada BAB II persamaan 2.18. yaitu sebagai berikut.

$$k = \frac{1}{1 + \left(\frac{d}{r}\right)^2}$$

$$k = \frac{1}{1 + (1)^2}$$

$$k = 0.5$$

Kemudian menghitung energy bertambat kapal menggunakan rumus seperti yang tertera pada BAB II persamaan 2.14., sedangkan untuk menentukan kecepatan tambat kapal terdapat pada tabel 2.3. BAB II. Perhitungan energy sebagai berikut :

$$E = \frac{(W1 + W2)}{2g} \times V^2 \cdot k$$

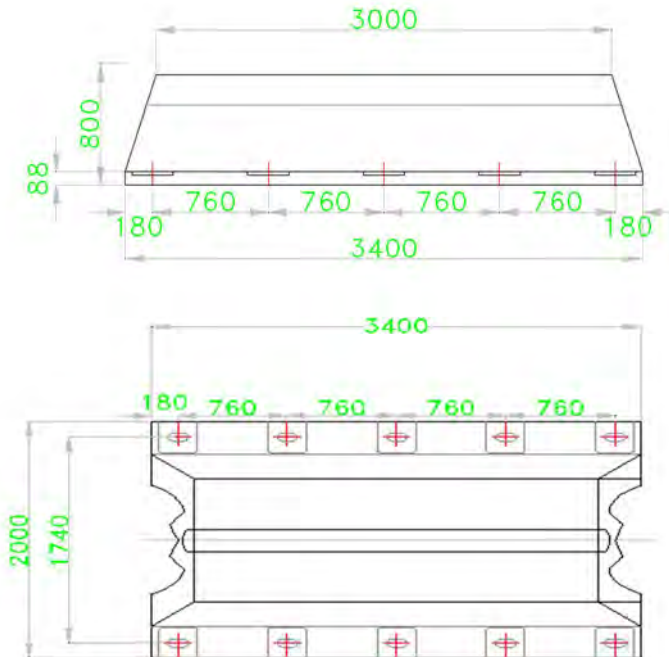
$$E = \frac{32.998,52}{2 \times 9,81} \cdot 0.15^2 \times 0,5$$

$$E = 18.92 \text{ Ton.m}$$

5.2.1.1 Pemilihan Tipe dan Dimensi Fender

Dengan berdasarkan energy tambat efektif yang dibutuhkan oleh kapal, maka dipilih tipe fender Bridgestone SM 800 H dengan data spesifikasi sebagai berikut :

H	= 3000 mm
L	= 3400 mm
h	= 800 mm
R	= 274,5 Ton
E	= 89,7 Ton – m
Deflection	= 52,5 %
Jarak portal	= 6000 mm



Gambar 5.4. Dimensi Fender

5.2.1.2 Jarak Fender

Berdasarkan persamaan 2.16 pada BAB II menghitung spasi fender arah horizontal yaitu sebagai berikut :

$$21 \leq 2 \sqrt{h \left(\frac{B}{2} + \frac{L^2}{8B} - h \right)}$$

$$2 \cdot 6m \leq 2 \sqrt{0,8 \left(\frac{26,4}{2} + \frac{179^2}{8 \times 26,4} - 0,8 \right)}$$

$$12 m \leq 22,916 m$$

Sehingga diambil jarak fender 12 m.

Pada konstruksi dermaga Peti Kemas Murhum Baubau direncanakan fender ditempatkan pada gelagar melintang yang ditumpu langsung tiang pancang miring dengan jarak 12 meter. Perkiraan jumlah fender yang menerima benturan kapal yaitu :

$$\frac{\text{Panjang Bidang Sentuh Kapal}}{\text{jarak Portal}} + 1 \text{ Fender}$$

Dimana panjang bidang sentuh secara praktis dapat ditentukan menggunakan persamaan $1/12L$ s/d $1/10L$. Dimana L adalah panjang kapal. Sehingga diperoleh panjang bidang sentuh kapal yaitu 14,92 m. Maka jumlah fender untuk kapal 15.000 DWT adalah $\frac{13,17 m}{6} + 1 = 3$ buah

Dengan memperhitungkan operasional dermaga, maka fender yang diperhitungkan untuk menerima benturan sandar kapal hanya 1 buah fender saja.

5.2.1.3. Pemasangan Fender

Letak fender pada berthing harus direncanakan terlebih dahulu sehingga fender dapat mengenai kapal pada saat kapal merapat. Posisi pemasangan fender ini ditentukan oleh elevasi tepi bawah fender terhadap tinggi dek kapal bermuatan penuh dan surut terendah.

a. Elevasi Tepi Atas Fender

Defleksi maksimal (δ_{\max}) = 52,5% x H = 420 mm, dianggap bahwa sudut lambung kapal dengan bidang vertikal dermaga adalah 30°. Maka jarak tepi atas fender (h_i) terhadap lantai dermaga yaitu sesuai pada BAB II persamaan 2.17 yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} h_i &= \frac{H - (\delta_{\max} \times H)}{\tan \theta} \\ h_i &= \frac{800 - (52,5\% \times 800)}{\tan 30} \\ h_i &= 658,1793 \text{ mm} \\ &= 0,6582 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Sehingga elevasi tepi atas fender} \\ &= \text{elevasi Apron} - h_i \\ &= +4,7 - 0,6582 \\ &= +4,0211 \text{ mLWS} \end{aligned}$$

b. Elevasi Tepi Bawah Fender

Berdasarkan pertimbangan praktis letak fender harus ditetapkan sedemikian hingga kapal rencana dapat merapat dengan aman. Elevasi tepi bawah fender ditentukan dengan mempertimbangkan tinggi dek kapal rencana yang bermuatan penuh pada saat surut terendah.

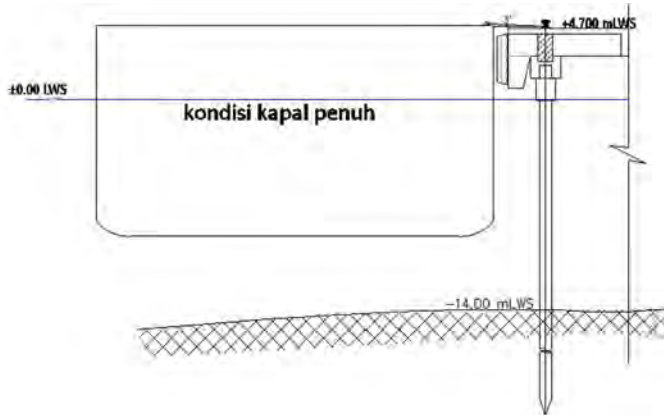
Tinggi dek kapal pada saat penuh adalah H-D, sedangkan ketika dalam keadaan kosong tinggi kapal adalah H – 1/3.

Tabel 5.1. Tinggi Dek Kapal Keadaan Penuh dan Kosong

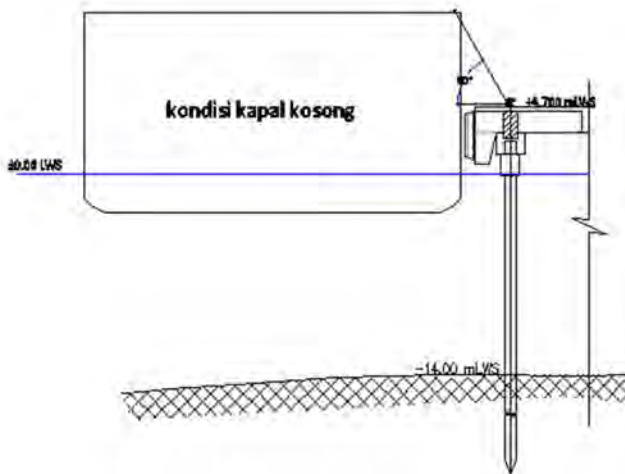
Kapal Rencana	15.000 DWT
Tinggi Kapal (H)	14,40 m
Sarat Penuh Maksimum/Draft (D)	9,50 m
Tinggi Dek Kapal Keadaan Penuh (H-D)	4,90 m
Tinggi Dek Kapal Keadaan Kosong (H-1/3D)	11,24 m

Maka elevasi tepi bawah fender yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Elevasi tepi bawah} &= \text{Elevasi atas fender} - L \text{ fender} \\ &= +4,00 \text{ m LWS} - 3,00 \text{ m} \\ &= +1 \text{ mLWS.} \end{aligned}$$



Gambar 5.5. Tinggi kapal saat kondisi penuh terhadap fender



Gambar 5.6. Tinggi kapal saat kondisi kosong terhadap fender

Karena lambung kapal tidak vertikal maka tinggi bidang sentuh kapal perlu dikoreksi sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Ls' &= LS - b + \sqrt{a^2 + b^2} \\
 a &= \delta_{\text{maks}} \times H \\
 &= 52,5\% \times 800 \text{ mm} \\
 &= 420 \text{ mm} \\
 b &= a \tan 30 \\
 &= 420 \tan 30 \\
 &= 242,4871 \text{ mm} \\
 Ls' &= 300 - 24871 + \sqrt{420^2 + 424,49^2} \\
 &= 3242,49 \text{ mm} \\
 &= 3,24 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

5.2.1.4. Gaya Reaksi Fender

Bidang sentuh kapal rencana 15.000 DWT adalah 2,106 meter atau menyentuh penuh. Energi yang dapat diserap fender pada saat merapat yaitu sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R_{\text{kapal}} &= \frac{R_{\text{fender}} \times E_{\text{kapal}}}{E_{\text{fender}}} \\
 &= \frac{274,5 \times 18,92}{89,7} \\
 &= 57,90 \text{ ton} \\
 R_{\text{ijin}} &= \frac{Rn}{L} Ls' \\
 &= \frac{57,90}{3,0} \times 3,25 \\
 &= 62,58278 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{ijin}} &\geq R_{\text{kapal}} \\
 62,58278 \text{ ton} &\geq 57,90 \text{ ton} \quad \text{Ok}
 \end{aligned}$$

Penyerapan energy yang terjadi aman.

$$V = 25,30 \text{ m/s}$$

A = Luas bagian depan / frontal kapal diatas permukaan (m^2)

B = Luas bagian samping / lateral kapal diatas permukaan (m^2)

- Kapal Penuh

- Arah tegak lurus ($\theta = 90^\circ$)

$$B = D' \times \text{Loa}$$

$$B = 4,9 \text{ m} \times 179 \text{ m}$$

$$B = 877,1 \text{ m}^2$$

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot [(A \cdot \cos^2 \theta) + (B \cdot \sin^2 \theta)]$$

$$R_w = \frac{1}{2} \times 0,124 \times \text{kg/m}^3 \times 1,3 \times 25,30.\text{m/s}^2 \times B$$

$$R_w = 44879,5 \text{ kg} = 448,79 \text{ kN}.$$

- Arah sejajar ($\theta = 0^\circ$)

$$A = D' \times \text{lebar}$$

$$A = 4,9 \text{ m} \times 26,4 \text{ m}$$

$$A = 129,36 \text{ m}^2$$

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot [(A \cdot \cos^2 \theta) + (B \cdot \sin^2 \theta)]$$

$$R_w = \frac{1}{2} \times 0,124 \times \text{kg/m}^3 \times 1,3 \times 25,30.\text{m/s}^2 \times A$$

$$R_w = 6619,09 \text{ kg} = 66,1909 \text{ kN}$$

- Kapal Kosong

- Arah Tegak Lurus ($\theta = 90^\circ$)

$$B = D'' \times \text{Loa}$$

$$B = 11,24 \times 179$$

$$B = 296,64.\text{m}^2$$

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot [(A \cdot \cos^2 \theta) + (B \cdot \sin^2 \theta)]$$

$$R_w = \frac{1}{2} \times 0,124 \times \text{kg/m}^3 \times 1,3 \times 25,30.\text{m/s}^2 \times B$$

$$R_w = 102916 \text{ kg} = 1029,16 \text{ kN}.$$

- Arah Sejajar ($\theta = 0^\circ$)

$$A = D'' \times \text{lebar}$$

$$A = 11,24 \times 26,4$$

$$A = 196,64 \text{ m}^2$$

$$R_w = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot [(A \cdot \cos^2 \theta) + (B \cdot \sin^2 \theta)]$$

$$R_w = \frac{1}{2} \times 0,124 \times \text{kg/m}^3 \times 1,3 \times 25,30 \cdot \text{m/s}^2 \times A$$

$$R_w = 15178,7 \text{ kg} = 151,787 \text{ kN}.$$

5.2.2.2. Gaya Akibat Arus

Arus yang bekerja pada bagian bawah kapal yang terendam air juga akan menimbulkan gaya. Kemudian gaya tersebut diteruskan pada alat penunjang dermaga yaitu bollard. Kecepatan arus maksimum berdasarkan data arus yaitu 15 cm/s. gaya arus akan bekerja pada arah tegak lurus ($\theta = 90^\circ$) dan sejajar ($\theta = 0^\circ$)

- Pengaruh Arus Pada Saat Kapal Penuh

Arah Arus Sejajar $\theta = 0^\circ$

Dianggap arah arus datang menuju haluan kapal

$$S = \text{Draft} \times \text{Lebar Kapal}$$

$$S = 9,50 \times 26,40$$

$$S = 250,6 \text{ m}^2$$

$$V = 0,15 \text{ m/s}$$

$$R_f = 0,14 \times S \times V^2$$

$$R_f = 0,14 \times 250,6 \times 0,15^2$$

$$R_f = 0,79 \text{ kg}$$

Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 90^\circ$

$$B = \text{Draft} \times \text{Loa}$$

$$B = 9,5 \times 179$$

$$B = 1700,5 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,03 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 4,7$$

$$R_f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot B$$

$$R_f = \frac{1}{2} \times 1,03 \times 4,7 \times 0,15^2 \times 1700,5$$

$$R_f = 92,6 \text{ kg}$$

$$R_f = 0,926 \text{ kN}$$

- Pengaruh Arus Pada Saat Kapal Kosong
Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 0^\circ$

$$S' = \frac{1}{3} \text{ Draft} \times \text{Lebar Kapal}$$

$$S' = \frac{1}{3} \times 9,50 \times 179$$

$$S' = 566,267 \text{ m}^2$$

$$R_f = 0,14 \times S' \times V^2$$

$$R_f = 0,14 \times 566,267 \times 0,15^2$$

$$R_f = 30,8 \text{ kg}$$

$$R_f = 0,308 \text{ kN}$$

Arah Arus Tegak Lurus $\theta = 90^\circ$

$$B = \frac{1}{3} \text{ Draft} \times \text{Loa}$$

$$B = \frac{1}{3} \times 9,50 \times 179$$

$$B = 566,267 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,03 \text{ kg/m}^3$$

$$C = 4,7$$

$$R_f = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C \cdot V^2 \cdot B$$

$$R_f = \frac{1}{2} \times 1,03 \times 4,7 \times 0,15^2 \times 566,267$$

$$R_f = 30,8 \text{ kg}$$

$$R_f = 0,308 \text{ kN}$$

5.2.2.3. Perencanaan Bollard

Besarnya beban tambat yang digunakan sebagai beban tambatan rencana adalah beban yang bekerja oada bollard akibat angin dan arus kemudian dipilih yang paling dominan dari beberapa beban tersebut. Seperti yang tercantum pada tabel 5.2. berikut ini :

Tabel 5.2. Hasil Perhitungan Gaya Tambat Akibat Angin dan Arus.

Kondisi Kapal	Gaya Arus (kg)		Gaya Angin (kg)	
	Tegak Lurus	Sejajar	Tegak Lurus	Sejajar
Penuh	92,61	0,79	44879	6619
Kosong	30,84	0,26	102916	15179

Berdasarkan tabel 5.3. gaya terbesar bollard 102916 kg akibat beban angin pada saat kapal kosong. Dalam perhitungan bollard, satu bollard dianggap menahan 0,5 beban. Maka beban yang harus dipikul oleh bollard adalah :

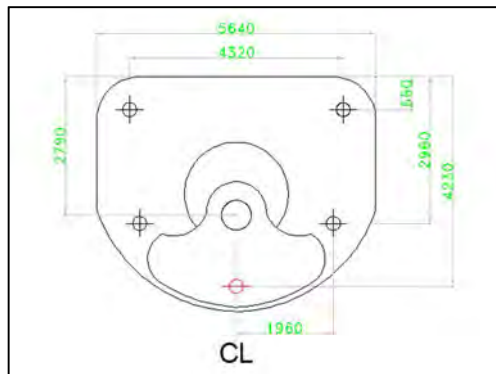
$$T = 0,5 \times (102916 \text{ kN} + 0,26 \text{ kN})$$

$$T = 51458,1 \text{ kg}$$

$$T = 51,5 \text{ ton}$$

Sedangkan berdasarkan *OCDI Technical Standarts and Commentaries for Ports and Harbour Facilities in Japan 2002* , untuk kapal 10.000 DWT – 20.000 DWT = 70 ton.

Dalam Proyek Akhir ini direncanakan menggunakan bollard *Maritime International MT - 50* dengan ukuran dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5.7. Rencana Bollard

a) Penempatan Bollard

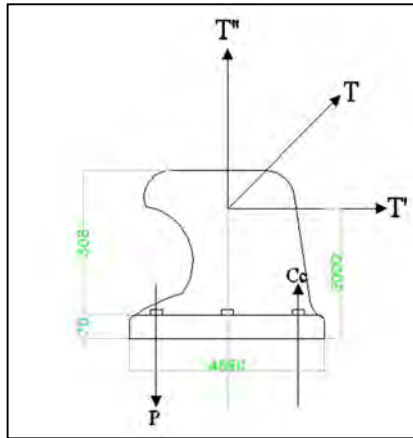
Berdasarkan ketentuan *Standart Design Criteria for Ports in Indonesia (1984) tabel 7.5. hal 33*. Seperti yang tertera pada BAB II.

Gross Tonnage of Ship	Max. Spacing of Bollard (m)	Min. Number of Intalation per Perth
5.001 – 20.000	25	6

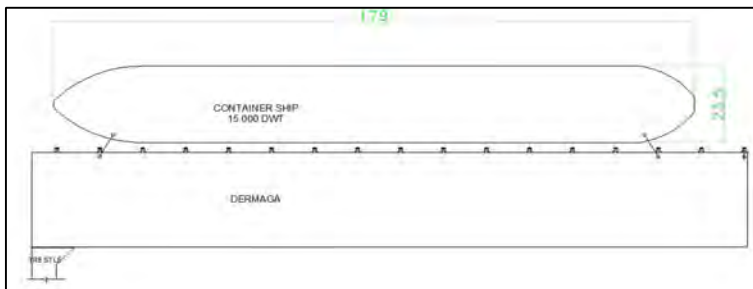
Letak Bollard dipilih pada portal dimana dipasang tiang pancang miring pada dermaga. Sesuai dengan ketentuan tersebut maka dipasang bollard 4 buah pada Jetty.

b) Perencanaan Dimensi Angkur Bollard

Bollard menerima gaya cabut dari kapal dengan membentuk sudut tertentu terhadap bidang datar. Sehingga analisa gaya tersebut diuraikan menjadi gaya-gaya vertical dan horizontal, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut

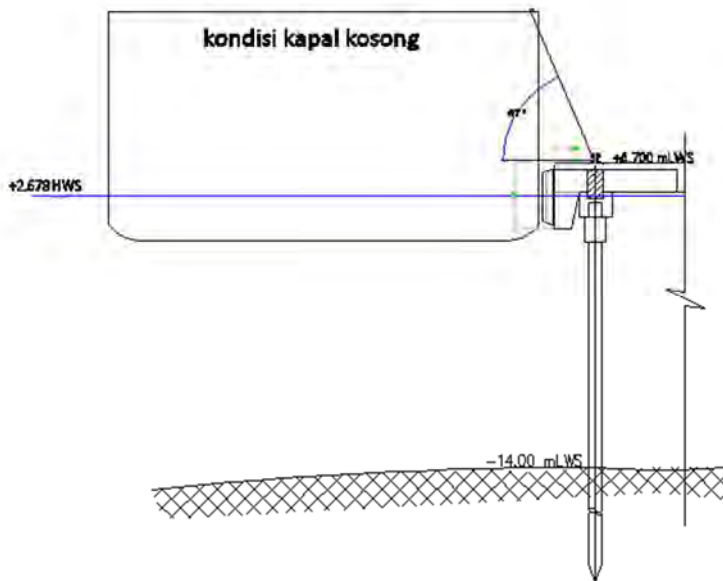


Gambar 5.8. Uraian Gaya Bollard

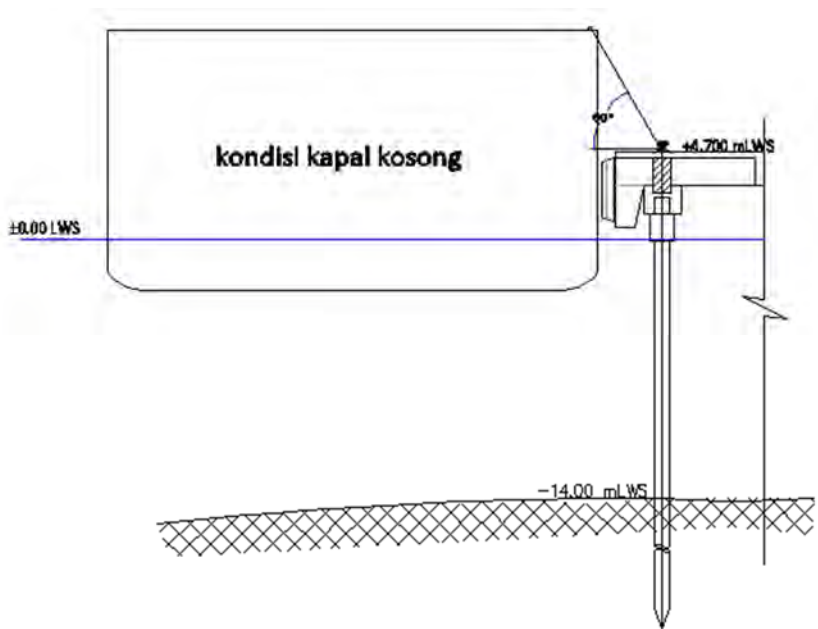


Gambar 5.9. Posisi Tali Tambat Kapal Terhadap Dermaga

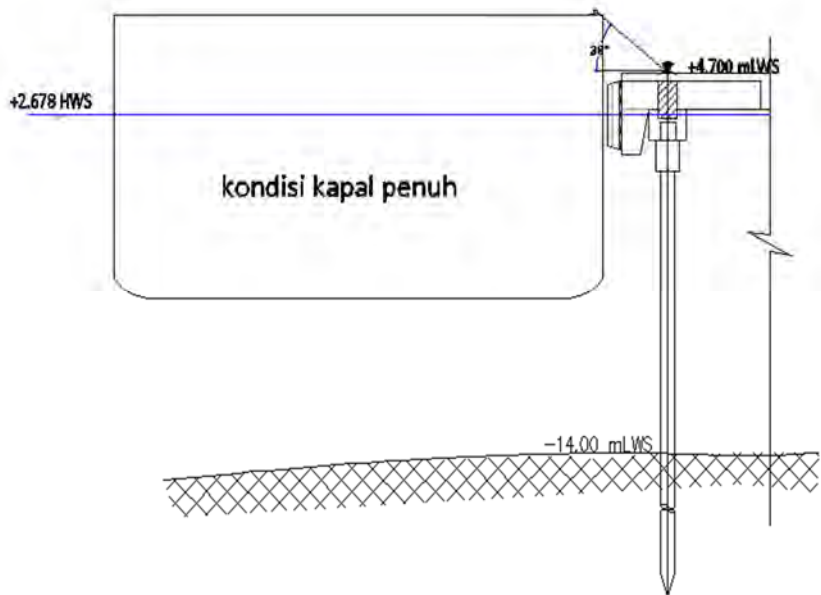
Posisi (sudut horizontal) sumbu terhadap sumbu dermaga yaitu 30° . Sedangkan posisi (sudut vertikal) terhadap sumbu dermaga yaitu sebagai berikut:



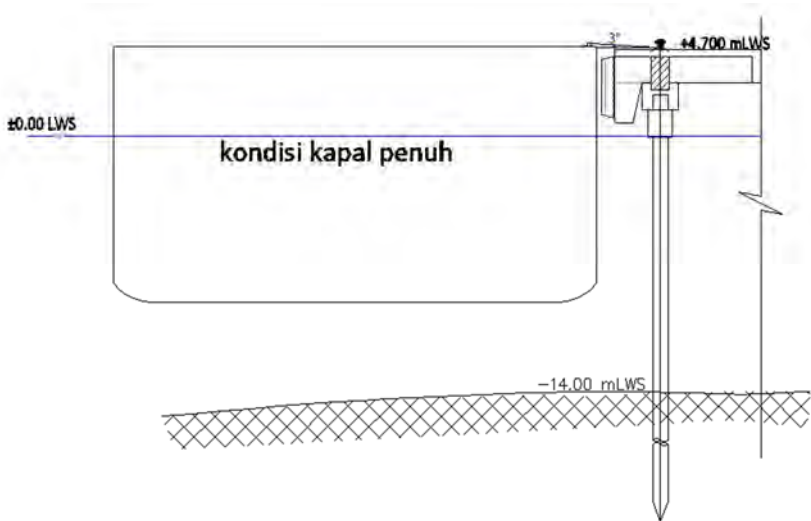
Gambar 5.10. Kondisi kapal kosong pada saat kondisi HWS



Gambar 5.11. Kondisi kapal kosong pada saat kondisi LWS



Gambar 5.12. Kondisi kapal penuh pada saat kondisi HWS



Gambar 5.13. Kondisi kapal penuh pada saat kondisi LWS

Perhitungan Gaya Cabut yaitu sebagai berikut :

- Saat Kapal Penuh

Kondisi HWS

$$T' = 514,73 \text{ kN} \times \sin 38^\circ = 344,42 \text{ kN}$$

$$T'' = 514,73 \text{ kN} \times \cos 38^\circ = 382,52 \text{ kN}$$

$$M = 344,42 \text{ kN} \times 0,25 = 86,11 \text{ kN.m}$$

Kondisi LWS

$$T' = 514,73 \text{ kN} \times \sin 3^\circ = 89,36 \text{ kN}$$

$$T'' = 514,73 \text{ kN} \times \cos 3^\circ = 506,76 \text{ kN}$$

$$M = 89,36 \text{ kN} \times 0,25 = 22,34 \text{ kN.m}$$

- Saat Kapal Kosong

Kondisi HWS

$$T' = 514,73 \text{ kN} \times \sin 67^\circ = 466,37 \text{ kN}$$

$$T'' = 514,73 \text{ kN} \times \cos 67^\circ = 217,47 \text{ kN}$$

$$M = 217,47 \text{ kN} \times 0,25 = 116,59 \text{ kN.m}$$

Kondisi LWS

$$T' = 514,73 \text{ kN} \times \sin 60^\circ = 454,35 \text{ kN}$$

$$T'' = 514,73 \text{ kN} \times \cos 60^\circ = 241,58 \text{ kN}$$

$$M = 241,58 \text{ kN} \times 0,25 = 113,59 \text{ kN.m}$$

Tabel 5.3. Perhitungan resultan gaya

Gaya	Kondisi Penuh (kN)		Kondisi Kosong (kN)	
	HWS	LWS	HWS	LWS
T'	344,42	89,36	466,37	454,35
T''	382,52	506,76	217,47	241,58
M	86,11	22,34	116,59	113,59

Direncanakan menggunakan beton $f_c = 30 \text{ MPa}$ dan besi tulangan BJ 37 maka $f_y = 240 \text{ MPa}$ dan $f_u = 370 \text{ MPa}$, dengan trial dan error direncanakan diameter angkur (D) = 27 mm dengan jumlah angkur (y) 5 buah. Maka perhitungan dapat dilanjutkan sebagai berikut :

$$A_s = \pi \cdot r^2 \cdot y$$

$$A_s = 3,14 \times 13,5 \text{ mm}^2 \times 5$$

$$A_s = 2861,3 \text{ mm}^2$$

$$P = A_s \cdot F_y$$

$$P = 2861,3 \text{ mm}^2 \times 0,24 \text{ kN/mm}^2$$

$$P = 686,72 \text{ kN}$$

$$C_c = \frac{0,45 \times f_{c'}}{2} \cdot B$$

$$C_c = \frac{0,45 \times 0,30 \text{ kN/mm}^2}{2} \cdot 564$$

$$C_c = 3,81 \text{ X}$$

Dari gambar 5.4. maka dapat disimpulkan gaya sebagai berikut :
 $P - Tu'' - Cc = 0$

$$686,72 \text{ kN} - 506,76 \text{ kN} - 3,81 X = 0$$

$$3,81 X = 179,96$$

$$X = 47,27$$

$$Cc = 3,81 \times X$$

$$Cc = 3,81 \times 47,27$$

$$Cc = 179,96 \text{ kN}$$

$$M = Tu' \times h$$

$$M = 466,37 \text{ kN} \times 300 \text{ mm}$$

$$M = 139910 \text{ kN.mm}$$

$$M = (Cc \cdot Z) + (Tu'' \cdot Z')$$

$$M = 179,96 \text{ kN} \times 357 \text{ mm} + 506,8 \text{ kN} \times 178,5$$

$$M = 154701,67 \text{ kN.mm}$$

$$Tu' \times h = (Cc \cdot Z) + (Tu'' \cdot Z')$$

$$139.910,10 \text{ kN.mm} = 154.701,67 \text{ kN.mm} \quad \text{..... OK}$$

Berdasarkan perhitungan diatas maka digunakan angkur sesuai dengan spesifikasi dari *Maritime International MT- 50* dengan diameter (D) M36 dan panjang penjangkaran 600 mm.

5.2.3. Beban Gempa (Earthquake Force)

Beban gempa merupakan salah satu beban horizontal yang bekerja pada struktur dermaga dan trestle. Pengaruh beban gempa pada struktur dermaga dan trestle diterima oleh tiap portal yang diteruskan ke pondasi.

Pada perencanaan ini beban gempa di analisa 2 arah yaitu arah memanjang dermaga (sumbu X) dan arah melintang dermaga (sumbu Y). Pada saat proses input program SAP2000

diasumsikan untuk arah melintang dermaga mendapatkan beban horizontal 100% sedangkan pada arah memanjang beban gempa sebesar 30% dan sebaliknya.

Untuk struktur dermaga dan trestle akan direncanakan sesuai dengan *RSNI3-2013 Rancangan Standart Nasional Indonesia, Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*.

Analisa respon spektrum ditentukan sebagai berikut :

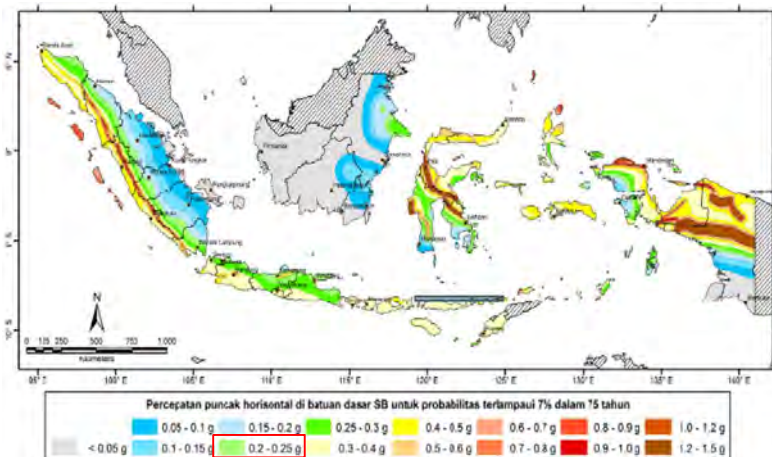
- Daerah : Dermaga Pantai
- Lokasi : Baubau, Sulawesi Tenggara
- Keadaan tanah : Tanah sedang

Prosedur perencanaan beban gempa sebagai berikut :

- a. Menentukan nilai PGA, S_s , S_1 , untuk gempa 7% dalam 75 tahun (1000 tahun) untuk wilayah Sulawesi Tenggara.

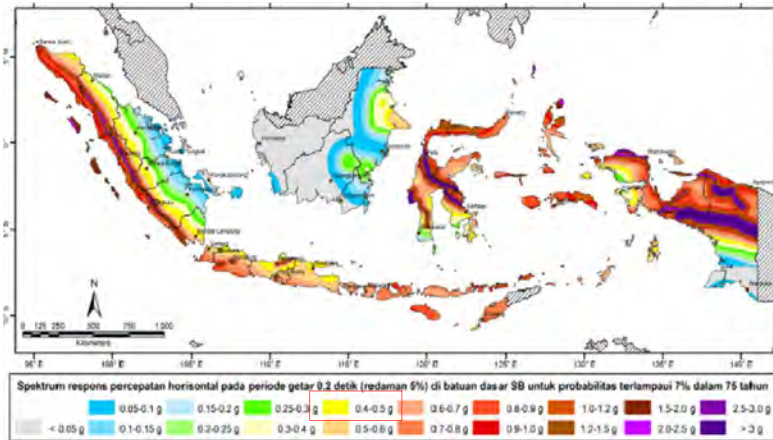
- 1) Nilai percepatan puncak dibatuan dasar (PGA).

Diperoleh nilai **PGA = 0,25**



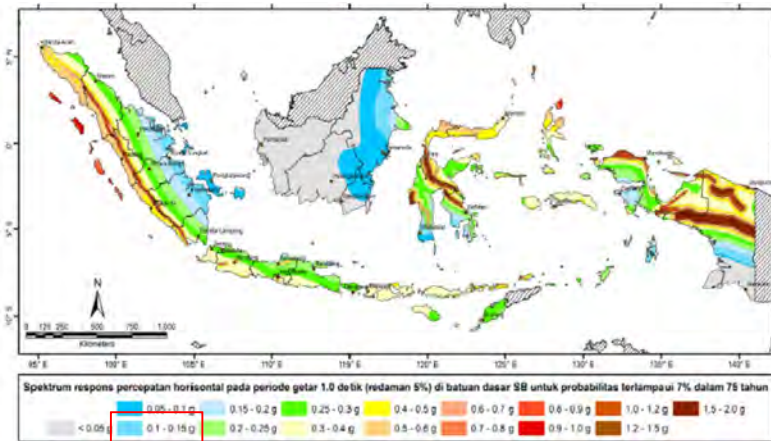
Gambar 5.14. Peta percepatan puncak dibatuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun (RSNI Gempa Jembatan hal 14)

- 2) Nilai parameter respon spektral percepatan gempa untuk $T = 0,2$ detik (S_s).
Berdasarkan gambar 5.15. diperoleh nilai S_s sebesar **0,50**.



Gambar 5.15. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- 3) Nilai lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik (S_1). Berdasarkan lokasi pelabuhan Murhum diperoleh nilai **0,150**.



Gambar 5.16. Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

- b. Penentuan kelas situs:
Berdasarkan **RSNI3-2013 Pembebanan Gempa untuk Jembatan tabel kelas situs hal.18**. Penentuan kelas situs berdasarkan nilai $N_{rata-rata}$. Dengan melihat data borlog tanah, untuk lebih jelasnya ditampilkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 5.4. Perhitungan jumlah nilai N untuk menentukan kelas situs

Kedalaman (m)	Tebal (m)	NSPT	N=Tebal / NSPT	ΣN	N= 30 / ΣN
0	0	0	0	0,625	48,012
2	2	60	0,033		
4	2	28	0,071		
6	2	35	0,057		
8	2	50	0,040		
10	2	60	0,033		
12	2	60	0,033		
14	2	60	0,033		
16	2	60	0,033		
18	2	48	0,042		
20	2	48	0,042		
22	2	49	0,041		
24	2	44	0,045		
26	2	50	0,040		
28	2	50	0,040		
30	2	50	0,040		

15< Nrata-rata < 50, termasuk kelas situs **Tanah Sedang.**

- c. Menentukan nilai F_{PGA} / F_a

Tabel 5.5. Faktor amplifikasi untuk periode 0 detik dan 0,2 detik (F_{PGA} / F_a), RSNI Gempa Jembatan hal 19.

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Berdasarkan peta gambar 5.14 dan 5.15 diperoleh nilai $F_{PGA} = 1,30$ dan $F_a = 1.40$

- d. Menentukan nilai F_v

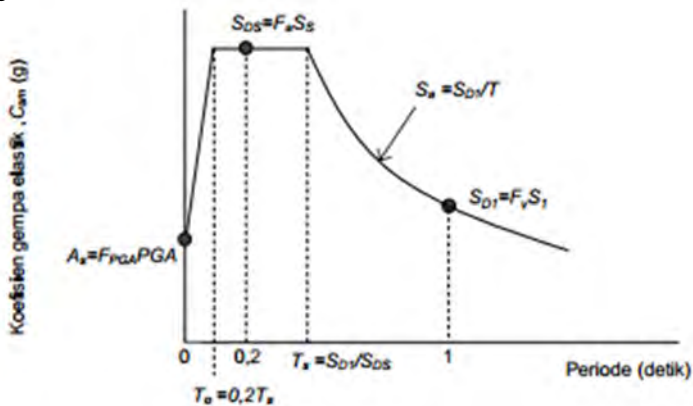
Tabel 5.6. Faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v).

Kelas situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Dari gambar 5.16. diperoleh nilai S_1 yaitu 0,15. Maka nilai F_v pada kelas situs tanah sedang yaitu = 2,2.

- e. Menentukan nilai $SDI = F_v \times S_1$
 $= 2,2 \times 0,15$
 $= 0,33$
- f. Menentukan nilai $As = F_{PGA} \times PGA$
 $= 1,30 \times 0,250$
 $= 0,325$
- g. Menentukan nilai $SDS = F_A \times S_s$
 $= 1,40 \times 0,50$
 $= 0,700$
- h. Menentukan nilai $T_s = SDI / SDS$
 $= 0,330 / 0,700$
 $= 0,471$
- i. Menentukan nilai $To = 0,2 \times T_s$
 $= 0,2 \times 0,471$
 $= 0,094$

j. Menentukan respons spektrum rencana

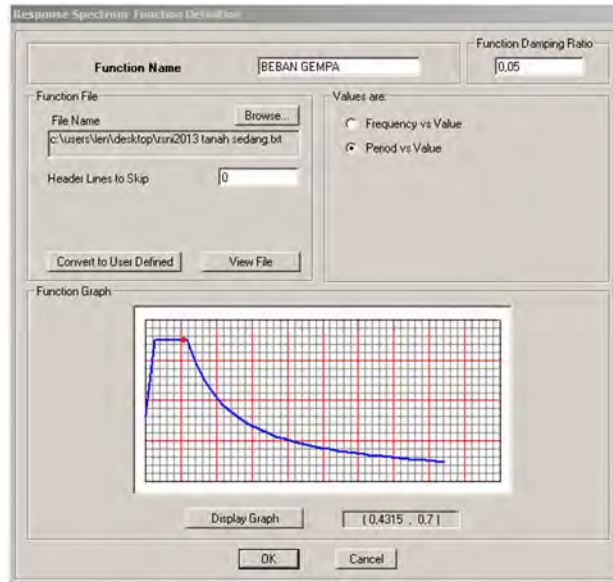


Gambar 5.17. Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah (RSNI gempa jembatan halaman 20)

File	Edit	Format	View	Help
0	0,325			
0,094	0,700			
0,471	0,700			
0,571	0,578			
0,671	0,491			
0,771	0,428			
0,871	0,379			
0,971	0,340			
1,071	0,308			
1,171	0,282			
1,271	0,260			
1,371	0,241			
1,471	0,224			
1,571	0,210			
1,671	0,197			
1,771	0,186			
1,871	0,176			
1,971	0,167			
2,071	0,159			
2,171	0,152			
2,271	0,145			
2,371	0,139			
2,471	0,134			
2,571	0,128			
2,671	0,124			
2,771	0,119			
2,871	0,115			
2,971	0,111			
3,071	0,107			
3,171	0,104			
3,271	0,101			
3,371	0,098			

Gambar 5.18. Nilai variabel respon spektrum

Sehingga pada SAP2000 akan ditampilkan seperti pada gambar 5.19. sebagai berikut



Gambar 5.19. Grafik respon spektrum pada SAP2000

Tabel 5.7. Zona gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Berdasarkan hasil $S_{D1} = 0,33$ maka termasuk kedalam zona gempa 3. Sehingga dalam penjelasan di ***RSNI3-2013 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*** pada pasal 5.9.3.2. menyebutkan nilai R sama dengan 1.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI

ANALISA STRUKTUR & PENULANGAN

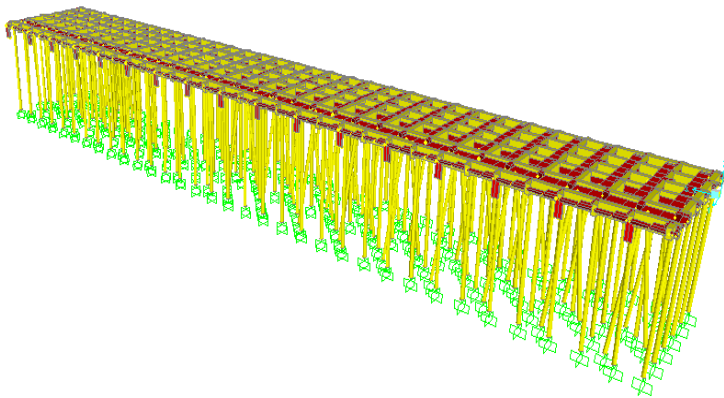
6.1. Analisis Struktur

Digunakan SAP 2000 dengan permodelan 3D. Output dari SAP 2000 yaitu :

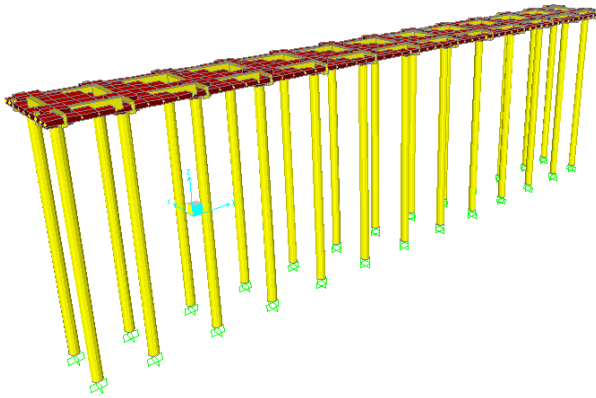
- Output momen, gaya geser dan torsi
- Output displacement, reaction dan applied loads
- Output momen (khusus untuk momen tumpuan dan lapangan dari plat)

- **Permodelan Struktur**

Permodelan struktur dermaga dan trestle dalam proyek akhir ini menggunakan SAP2000 dengan model 3D untuk memperoleh gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan ditampilkan dalam bentuk gambar.



Gambar 6.1. Permodelan Struktur Dermaga



Gambar 6.2. Permodelan Struktur Trestle

6.2. Permodelan Struktur Plat

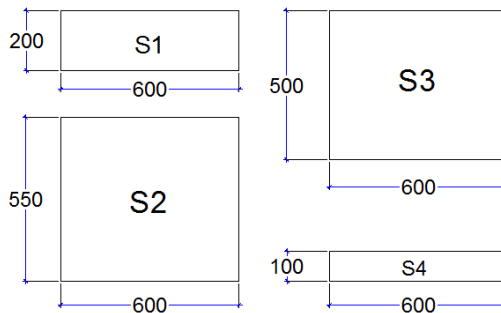
Analisa struktur plat menggunakan software SAP2000 dengan SHELL untuk mendapatkan gaya-gaya yang bekerja pada plat. Ada beberapa tipe plat yang digunakan struktur dermaga, yaitu :

S1 = 600 cm x 200 cm

S3 = 600 cm x 500 cm

S2 = 600 cm x 550 cm

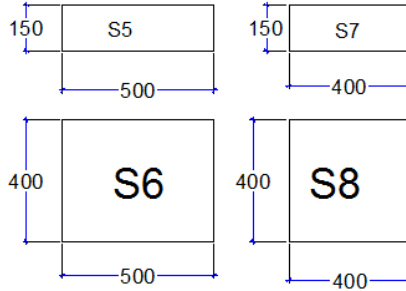
S4 = 600 cm x 100 cm



Gambar 6.3. Asumsi Plat Dermaga

Sedangkan tipe plat pada trestle yaitu sebagai berikut :

- S5 = 500 cm x 150cm
- S7 = 400 cm x 150 cm
- S6 = 500 cm x 400 cm
- S8 = 400 cm x 400 cm

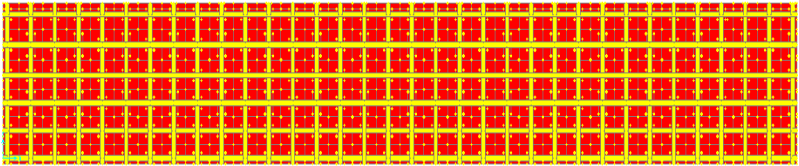


Gambar 6.4. Asumsi Plat Trestle

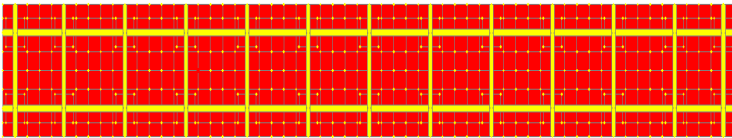
Dalam perhitungan momen plat dermaga dan trestle, asumsi plat sebagai plat lentur dan dianggap terjepit pada keempat sisinya.

Beban-beban yang bekerja pada plat dermaga yaitu beban mati dermaga dan beban hidup merata.

Berikut ini permodelan struktur dermaga dan struktur plat lantai trestle yang dianalisa dengan menggunakan software SAP2000 SHELL untuk memperoleh momen yang bekerja pada plat tersebut.



Gambar 6.5. Model Struktur Plat Dermaga



Gambar 6.6. Model Struktur Plat trestle

Berdasarkan analisa struktur pada plat dermaga (tipe plat S1 hingga S7), beban yang bekerja sebagai berikut :

- Beban mati merata
- Beban hidup merata

Besarnya beban hidup merata sesuai dengan pembahasan pada BAB II yaitu 3 ton/m² dan mempunyai 7 tipe posisi yang berbeda.

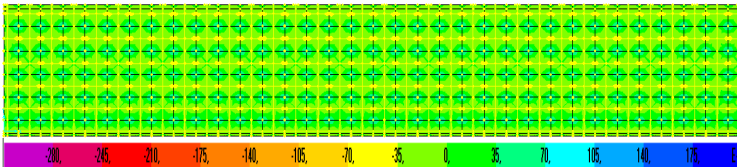
6.3. Kombinasi Beban Pada Struktur Plat

Berikut output dari analisa struktur plat dengan menggunakan software SAP2000 yang disajikan dalam bentuk gambar kontur momen plat dermaga berupa M11 (arah x) dan M22 (arah y).

6.3.1. Kombinasi Plat Dermaga

a. Kombinasi 1

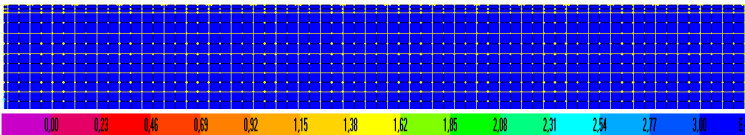
Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi yaitu beban mati (berat sendiri dan beban aspal)



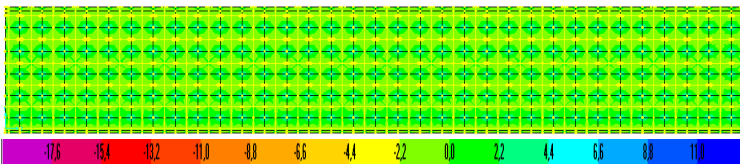
Gambar 6.7. Kontur momen M22 akibat kombinasi 1

b. Kombinasi 2

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup tipe 1.



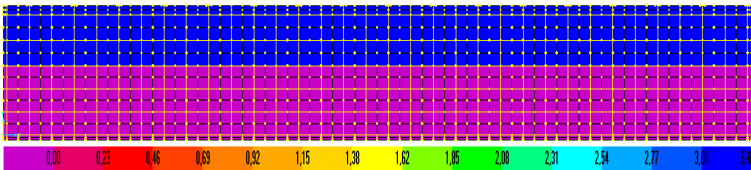
Gambar 6.8. Beban hidup merata tipe 1



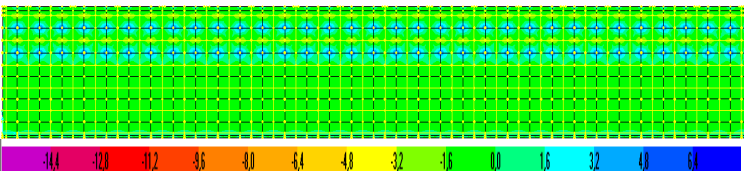
Gambar 6.9. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 1

c. Kombinasi 3

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup tipe 2.



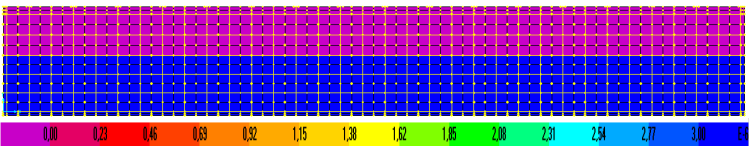
Gambar 6.10. Beban hidup merata tipe 2



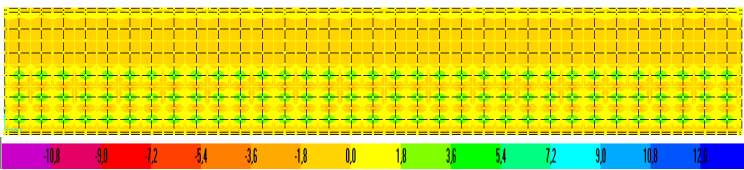
Gambar 6.11. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 2

d. Kombinasi 4

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup type 3.



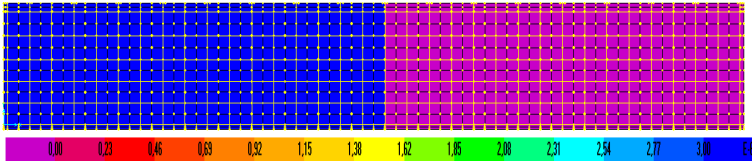
Gambar 6.12. Beban hidup merata tipe 3



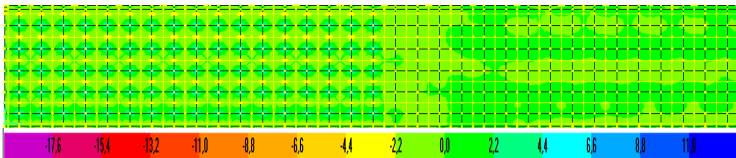
Gambar 6.13. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 3

e. Kombinasi 5

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup type 4.



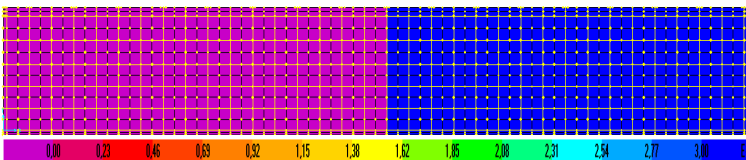
Gambar 6.14. Beban hidup merata tipe 4



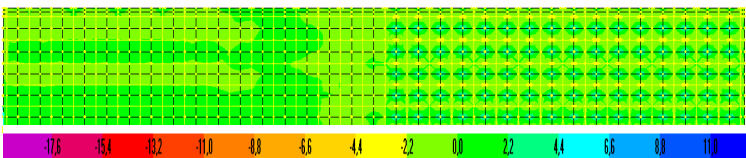
Gambar 6.15. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 4

f. Kombinasi 6

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup type 5



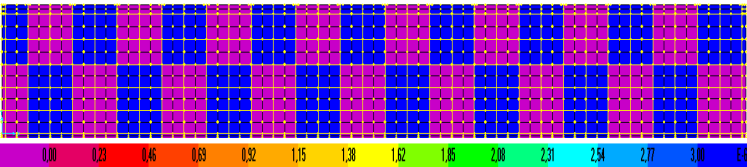
Gambar 6.16. Beban hidup merata tipe 5



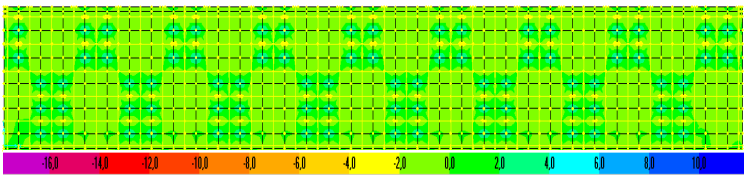
Gambar 6.17. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 5

g. Kombinasi 7

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup type 6



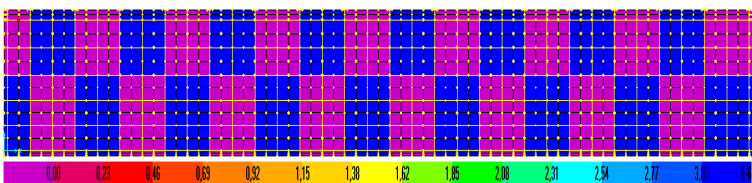
Gambar 6.18. Beban hidup merata tipe 6



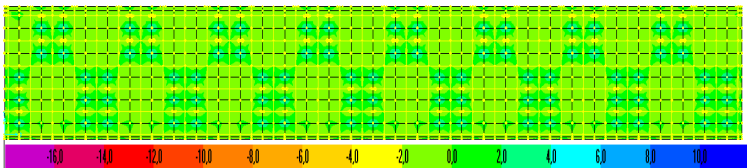
Gambar 6.19. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 6

h. Kombinasi 8

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari beban mati, beban aspal, beban hujan dan beban hidup type 7



Gambar 6.20. Beban hidup merata tipe 7

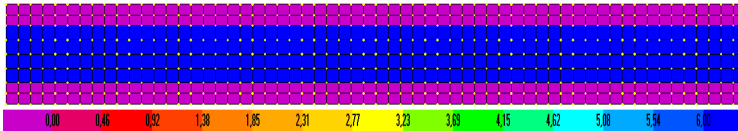


Gambar 6.21. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 7

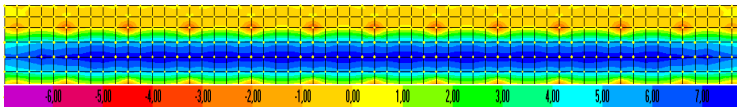
6.3.2. Kombinasi Plat Trestle

a. Kombinasi 1

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari : beban mati, beban aspal, beban air hujan dan beban UDL tipe 1



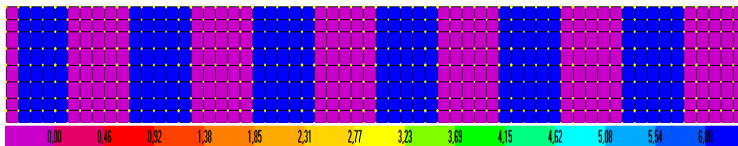
Gambar 6.22. Beban hidup merata tipe 1



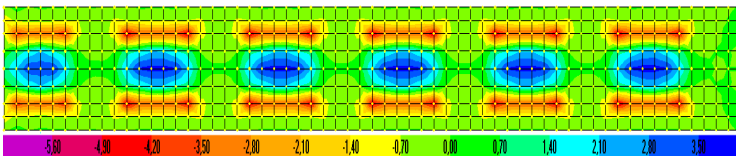
Gambar 6.23. Kontur momen M_{22} akibat beban hidup merata tipe 1

b. Kombinasi 2

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari : beban mati, beban aspal, beban air hujan dan beban UDL type 2.



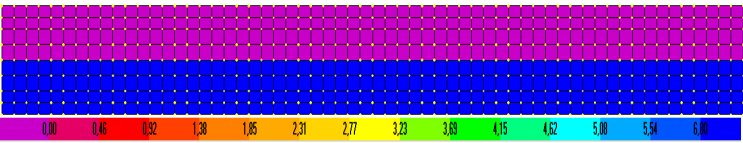
Gambar 6.24. Beban hidup merata tipe 2



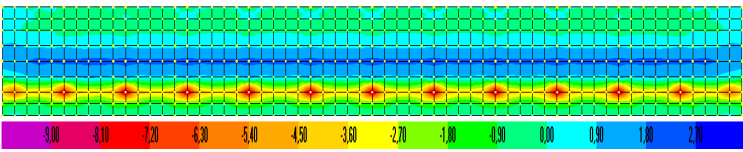
Gambar 6.25. Kontur momen M_{22} akibat beban hidup merata tipe 2

c. Kombinasi 3

Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari : beban mati, beban aspal, beban air hujan dan beban UDL type 3



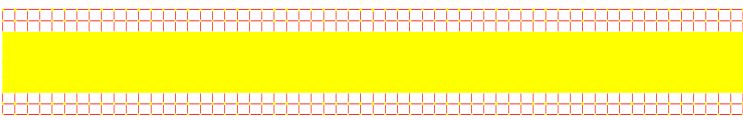
Gambar 6.26. Beban hidup merata tipe 3



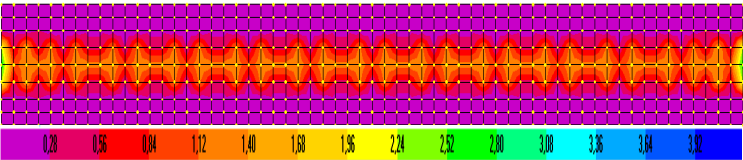
Gambar 6.27. Kontur momen M22 akibat beban hidup merata tipe 3

d. Kombinasi 4

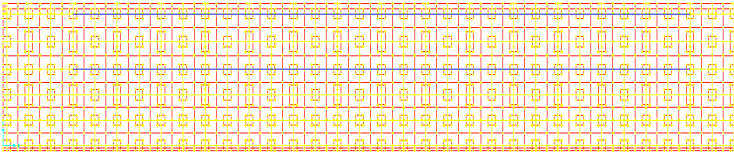
Pada kombinasi ini, beban-beban yang terjadi terdiri dari : beban mati, beban aspal, beban air hujan dan beban KEL



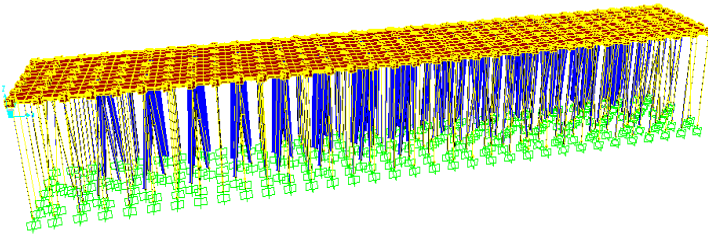
Gambar 6.28. Lane Width beban KEL



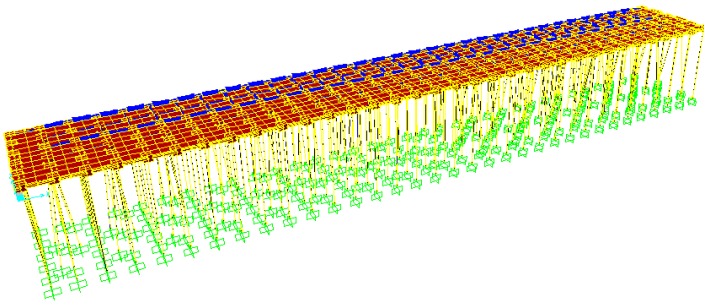
Gambar 6.29. Kontur momen M22 akibat beban KEL



Gambar 6.30. Letak beban crane pada dermaga



Gambar 6.31. Momen maksimum M22 yang terjadi akibat beban crane yaitu sebesar 0,17155 ton.m



Gambar 6.32. Momen maksimum M33 yang terjadi akibat beban crane yaitu sebesar 0,18422 ton.m

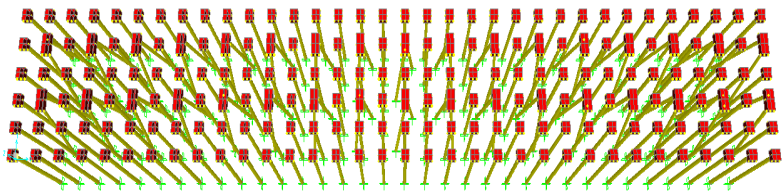
6.4. Permodelan Struktur Pile Cap

Analisa struktur pile cap dermaga dan trestle menggunakan program SAP2000 dengan model 3D untuk memperoleh gaya-gaya yang bekerja pada struktur dermaga dan trestle.

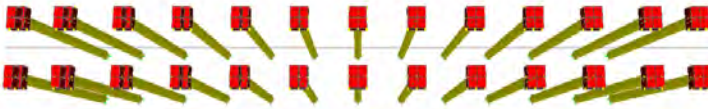
Direncanakan 2 jenis pile cap untuk dermaga dan 1 jenis pile cap untuk trestle.

Tabel 6.1. Tipe dan jenis pile cap

No.	Tipe pile cap	Dimensi	Diameter tiang pancang (mm)	Posisi pancang
1	PC1 (Dermaga)	200 x 200 x 150	812,8	Tegak
2	PC2 (Dermaga)	400 x 200 x 150	812,8	Miring
3	PC3 (Trestle)	150 x 150 x 100	762	Tegak

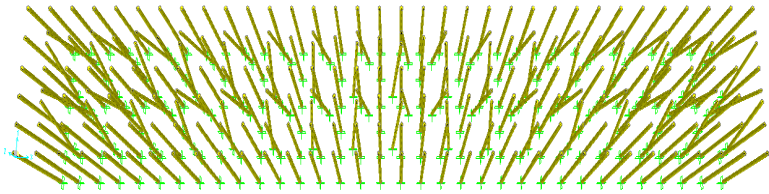


Gambar 6.33. Permodelan pile cap dermaga

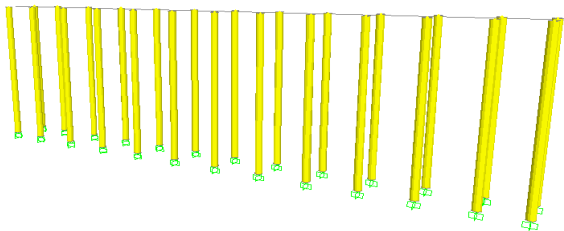


Gambar 6.34. Permodelan pile cap trestle

6.5. Permodelan Struktur Tiang Pancang



Gambar 6.35. Permodelan tiang pancang dermaga



Gambar 6.36. Permodelan tiang pancang trestle

6.6. Output Permodelan struktur

Gaya yang diperoleh dari hasil analisa struktur dengan menggunakan software SAP 2000 yaitu :

- *Output* momen, gaya geser dan torsi
- *Output displacement, reaction dan applied loads.*

6.6.1. Penulangan Plat Dermaga

Penulangan plat dermaga dihitung dengan menggunakan persamaan 2.33. hingga 2.42. berikut ini adalah perhitungan plat tipe 3 pada dermaga. Momen yang diperoleh berdasarkan hasil output SAP2000 sebagai berikut :

- $M_{lx} = 56310460 \text{ Nmm}$
- $M_{tx} = 93321250 \text{ Nmm (-)}$
- $M_{ly} = 58487590 \text{ Nmm}$
- $M_{ty} = 97124300 \text{ Nmm (-)}$

Perhitungan kebutuhan tulangan dermaga

Data rencana pelat dermaga, diketahui :

- $$\begin{aligned} h &= 350 \text{ mm} \\ t_s &= 90 \text{ mm} \\ D &= 16 \text{ mm} \\ f'_c &= 30 \text{ Mpa} \\ f_y &= 390 \text{ Mpa} \\ B_j &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\ \beta &= 0,85 \\ \phi &= 0,80 \end{aligned}$$

Tinggi efektif

$$\begin{aligned} d_x &= h - t_s - \frac{1}{2} \cdot D \\ &= 350 - 90 - \frac{1}{2} \cdot 16 &= 252 \text{ mm} \\ d_y &= h - t_s - D - \frac{1}{2} \cdot D \\ &= 350 - 90 - 16 - \frac{1}{2} \cdot 16 &= 236 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Perhitungan tulangan lapangan arah X

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_l x}{\phi} \\ &= \frac{56310460}{0,80} \\ &= 70388075 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{1000.(D_x)^2} \\ &= \frac{70388075}{1000.(252)^2} \\ &= 1,108 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{\beta_1.f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85.30} \\ &= 15,2941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.1,1085}{390}} \right) \\ &= 0,0029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{0,85.\beta_1.f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85.0,85.30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\mathbf{0,0036} > 0,0029 < 0,034 \quad \mathbf{digunakan \rho_{\min}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot dx$$

$$= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 252$$

$$= 904,6154 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D16 – 100

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{1000mm}{100mm} \cdot \pi \cdot 8 \text{ mm}^2$$

$$= 2009,6 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$904,6154 \text{ mm}^2 < 2009,6 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{(OK)}$$

Kontrol jarak spasi tulangan

$$S_{\max} \leq 2 \times h$$

$$\leq 2 \times 350$$

$$\leq 700 \text{ mm}$$

$$S_{\text{pasang}} = 100 < 700 \text{ mm} \quad \mathbf{OK}$$

Cek kemampuan nominal

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y$$

$$= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$= 783744 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{\beta_1 \cdot 1000 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{783744}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30}$$

$$= 30,7 \text{ mm}$$

$$M_a = 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 783744 \cdot (252 \text{ mm} - 30,74 \text{ mm} / 2)$$

$$= 148367423 \text{ N.mm}$$

$$\text{Kontrol :Ma} > \text{Mlx}$$

$$148367423 \text{ N.mm} > 56310460 \text{ Nmm (OK)}$$

b. Perhitungan tulangan tumpuan arah X

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_{tx}}{\phi} \\ &= \frac{93321250}{0,80} \end{aligned}$$

$$= 12327400 \text{ N.mm (-)}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{1000.(D_x)^2} \\ &= \frac{93321250}{1000.(252)^2} \\ &= 1,8369 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{\beta_1.f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85.30} \\ &= 15,2941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.1,8369}{390}} \right) \\ &= 0,0049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,034\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0036 < 0,0049 < 0,034 \quad \text{digunakan } \rho$$

$$\begin{aligned}A_{s\text{perlu}} &= \rho \cdot b \cdot d_x \\ &= 0,0049 \cdot 1000 \cdot 252 \\ &= 1233,1 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan : D16 – 100

$$\begin{aligned}A_{s\text{pakai}} &= \frac{1000\text{mm}}{100\text{mm}} \cdot \pi \cdot 8 \text{ mm}^2 \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pakai}}$$

$$1233,1 \text{ mm}^2 < 2009,6 \text{ mm}^2 \quad \text{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{s\text{pakai}} \cdot f_y \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\ &= 783744 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{T}{\beta_1 \cdot 1000 \cdot f_c'} \\ &= \frac{783744}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 30,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 783744 \cdot (252 \text{ mm} - 30,7 \text{ mm} / 2) \\ &= 148367423 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } \quad Ma &> Mtx \\ 148367423 \text{ N.mm} &> 93321250 \text{ Nmm} \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

c. Perhitungan tulangan lapangan arah Y

$$\begin{aligned} Mn &= \frac{Mly}{\phi} \\ &= \frac{58487590}{0,80} \\ &= 73109487,5 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mn}{1000.(Dy)^2} \\ &= \frac{73109487,5}{1000.(236)^2} \\ &= 1,3127 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{\beta 1.fc'} \\ &= \frac{390}{0,85.30} \\ &= 15,2941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.1,3127}{390}} \right) \\ &= 0,00346 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,034\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\mathbf{0,0036} > 0,00346 < 0,034 \quad \mathbf{digunakan \rho_{\min}}$$

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 236 \\ &= 847,18 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan : D16 – 100

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{1000mm}{100mm} \cdot \pi \cdot 8 \text{ mm}^2 \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$847,18 \text{ mm}^2 < 2009,6 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\ &= 783744 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{T}{\beta_1 \cdot 1000 \cdot f_c'} \\ &= \frac{783744}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 30,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 783744 \cdot (236 \text{ mm} - 30,7 \text{ mm} / 2) \\ &= 138335500 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Kontrol :} \quad Ma &> Mly \\ 138335500 \text{ N.mm} &> 58487590 \text{ Nmm} \quad (\mathbf{OK})\end{aligned}$$

d. Perhitungan tulangan tumpuan arah Y

$$\begin{aligned}M_n &= \frac{M_{ty}}{\phi} \\ &= \frac{97124300}{0,80} \\ &= 121405375 \text{ N.mm (-)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= \frac{M_n}{1000.(D_y)^2} \\ &= \frac{121405375}{1000.(236)^2} \\ &= 2,1798 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}m &= \frac{f_y}{\beta_1.f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85.30} \\ &= 15,2941\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.2,1798}{390}} \right) \\ &= 0,0059\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max} &= \frac{0,85 \cdot \beta_1 \cdot f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\ &= 0,034\end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$0,0036 < \mathbf{0,0059} < 0,034$$

digunakan ρ

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot d_y \\ &= 0,0059 \cdot 1000 \cdot 236 \\ &= 1380,8 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Digunakan tulangan : D16 – 100

$$\begin{aligned}A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \cdot \pi \cdot 8 \text{ mm}^2 \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$1380,8 \text{ mm}^2 < 2009,6 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}T &= A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y \\ &= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\ &= 783744 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a &= \frac{T}{\beta_1 \cdot 1000 \cdot f_c'} \\ &= \frac{783744}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 30,7 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 783744 \cdot (236 \text{ mm} - 30,7 \text{ mm} / 2) \\ &= 138335500 \text{ N.mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : } \quad Ma &> Mty \\ 138335500 \text{ N.mm} &> 97124300 \text{ Nmm} \quad (\mathbf{OK}). \end{aligned}$$

Tabel 6.2. Resume tulangan pelat dermaga

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x	y	t		D (mm)	S
1	S1	5500	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
2	S2	5000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
3	S3	1000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
4	S4	2000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100

6.6.2. Kontrol Pelat Dermaga

Kontrol pada pelat dermaga yang digunakan dalam proyek akhir ini yaitu kontrol retak pelat dermaga dan kontrol geser pons pelat dermaga.

a. Kontrol retak pelat dermaga

Berdasarkan BMS pasal 5.3.1 poin b, retakan pada pelat yang terlentur bisa dianggap terkendali bila jarak antar titik berat tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari D atau 300 mm. Artinya yaitu tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan. Dimana D adalah tinggi seluruh penampang dalam terlentur.

Tabel 6.3. Kontrol Jarak Tulangan Pelat Dermaga

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan		Kontrol $S < 300$
		x	y	t		D (mm)	S	
1	S1	5500	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
2	S2	5000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
3	S3	1000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
4	S4	2000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK

6.6.3. Penulangan Plat Trestle

Hasil output SAP 2000 berikut :

- a. M_{lx} = 1529086,1 N.mm
- b. M_{tx} = 1983130,9 N.mm (-)
- c. M_{ly} = 2102944,3 N.mm
- d. M_{ty} = 2144652,5 N.mm (-)

Perhitungan kebutuhan tulangan trestle

Data rencana plat trestle, diketahui :

- h = 300 mm
- t_s = 90 mm
- D = 13 mm
- f'_c = 30 Mpa
- f_y = 390 Mpa
- B_j = 2500 kg/m³
- β = 0,85
- ϕ = 0,80

Tinggi efektif

- d_x = $h - t_s - \frac{1}{2} \cdot D$
 = $300 - 90 - \frac{1}{2} \cdot 13$
 = 2204 mm
- d_y = $h - t_s - D - \frac{1}{2} \cdot D$
 = $300 - 90 - 13 - \frac{1}{2} \cdot 13$
 = 191 mm

- a. Perhitungan tulangan lapangan arah X

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{lx}}{\phi} \\
 &= \frac{1529086,1}{0,80} \\
 &= 1911357,625 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{Mn}{1000.(Dx)^2} \\
 &= \frac{1911357,625}{1000.(203,5)^2} \\
 &= 0,046 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{fy}{\beta 1 . fc'} \\
 &= \frac{390}{0,85.30} \\
 &= 15,2941
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{fy} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.0,046}{390}} \right) \\
 &= 0,000118
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= \frac{0,85.\beta 1 . fc'}{fy} \left(\frac{600}{600 + fy} \right) \\
 &= \frac{0,85.0,85.30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \\
 &= 0,034
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

0,0036 < 0,000118 < 0,034 digunakan ρ_{\min}

$$\begin{aligned}
 A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot b \cdot dx \\
 &= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 203,5 \\
 &= 725 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan : D13 – 150

$$\begin{aligned} A_{s_{pakai}} &= \frac{1000mm}{150mm} \cdot \pi \cdot 6,5 \text{ mm}^2 \\ &= 884,43 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_{perlu}} < A_{s_{pakai}}$$

$$730,5128 \text{ mm}^2 < 884,433 \text{ mm}^2 \text{ (OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_{s_{pakai}} \cdot f_y \\ &= 884,433 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2 \\ &= 344929 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{\beta_1 \cdot 1000 \cdot f_c'} \\ &= \frac{344929}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 13,53 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 344929 \cdot (203,5 \text{ mm} - 13,527 \text{ mm}/2) \\ &= 57681160 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol :} \quad M_a &> M_{lx} \\ 57681160 \text{ N.mm} &> 1529086,1 \text{ Nmm} \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

b. Perhitungan tulangan tumpuan arah X

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{tx}}{\phi} \\
 &= \frac{1983130,9}{0,80} \\
 &= 2478913,625 \text{ N.mm (-)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{1000.(D_x)^2} \\
 &= \frac{2478913,625}{1000.(203,5)^2} \\
 &= 0,0599 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{\beta_1.f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85.30} \\
 &= 15,2941
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.0,0599}{390}} \right) \\
 &= 0,0002
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = \frac{0,85.\beta_1.f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right)$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\mathbf{0,0036} < 0,0002 < 0,034 \quad \text{digunakan } \rho_{\min}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_x$$

$$= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 203,5$$

$$= 730,51 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D13 – 150

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1000\text{mm}}{150\text{mm}} \cdot \pi \cdot 6,5 \text{ mm}^2$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pakai}}$$

$$730,51 \text{ mm}^2 < 884,43 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$T = A_{s\text{pakai}} \cdot f_y$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$= 344929 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{\beta 1.1000 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{344929}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30}$$

$$= 13,53 \text{ mm}$$

$$M_a = 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 344929 \cdot (203,5 \text{ mm} - 13,527 \text{ mm}/2)$$

$$= 57681160 \text{ N.mm}$$

$$\text{Kontrol :} \quad M_a > M_{tx}$$

$$57681160 \text{ N.mm} > 56310460 \text{ Nmm} \quad \textbf{(OK)}$$

c. Perhitungan tulangan lapangan arah Y

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{Mly}{\phi} \\ &= \frac{2102944,3}{0,80} \\ &= 26286880,375 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{M_n}{1000.(Dy)^2} \\ &= \frac{26286880,375}{1000.(190,5)^2} \\ &= 0,072 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{f_y}{\beta 1 . f_c'} \\ &= \frac{390}{0,85.30} \\ &= 15,2941 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0036 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.0,072}{390}} \right) \\ &= 0,0002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= \frac{0,85.\beta 1 . f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85.0,85.30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right) \end{aligned}$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\mathbf{0,0036} < 0,0002 < 0,034 \quad \mathbf{digunakan \rho_{\min}}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 190,5$$

$$= 683,85 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D13 – 150

$$A_{s_{\text{pakai}}} = \frac{1000\text{mm}}{150\text{mm}} \cdot \pi \cdot 6,5 \text{ mm}^2$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} < A_{s_{\text{pakai}}}$$

$$683,85 \text{ mm}^2 < 884,43 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$T = A_{s_{\text{pakai}}} \cdot f_y$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$= 344929 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{\beta 1.1000 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{344929}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30}$$

$$= 13,53 \text{ mm}$$

$$M_a = 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 344929 \cdot (190,5 \text{ mm} - 13,53 \text{ mm} / 2)$$

$$= 50700889 \text{ N.mm}$$

$$\text{Kontrol :} \quad M_a > M_{ly}$$

$$50700889 \text{ N.mm} > 2102944,3 \text{ Nmm} \quad \mathbf{(OK)}$$

d. Perhitungan tulangan tumpuan arah Y

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_{ty}}{\phi} \\
 &= \frac{2144652,5}{0,80} \\
 &= 2680815,625 \text{ N.mm (-)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{M_n}{1000.(D_y)^2} \\
 &= \frac{2680815,625}{1000.(190,5)^2} \\
 &= 0,0739 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 m &= \frac{f_y}{\beta_1.f_c'} \\
 &= \frac{390}{0,85.30} \\
 &= 15,2941
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\
 &= \frac{1,4}{390} \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{15,2941} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2.15,2941.0,0739}{390}} \right) \\
 &= 0,00019
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\max} &= \frac{0,85.\beta_1.f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85.0,85.30}{390} \left(\frac{600}{600 + 390} \right)
 \end{aligned}$$

$$= 0,034$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$$

$$\mathbf{0,0036} < 0,00019 < 0,034 \quad \text{digunakan } \rho_{\min}$$

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d_y$$

$$= 0,0036 \cdot 1000 \cdot 190,5$$

$$= 683,85 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan : D13 – 150

$$A_{s\text{pakai}} = \frac{1000\text{mm}}{150\text{mm}} \cdot \pi \cdot 6,5 \text{ mm}^2$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\text{perlu}} < A_{s\text{pakai}}$$

$$683,85 \text{ mm}^2 < 884,43 \text{ mm}^2 \quad \textbf{(OK)}$$

Cek kemampuan nominal

$$T = A_{s\text{pakai}} \cdot f_y$$

$$= 884,43 \text{ mm}^2 \cdot 390 \text{ N/mm}^2$$

$$= 344929 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{\beta 1.1000 \cdot f_c'}$$

$$= \frac{344929}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30}$$

$$= 13,53 \text{ mm}$$

$$M_a = 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$= 0,85 \cdot 344929 \cdot (190,5 \text{ mm} - 13,53 \text{ mm} / 2)$$

$$= 50700889 \text{ N.mm}$$

$$\text{Kontrol :} \quad M_a > M_{ty}$$

$$50700889 \text{ N.mm} > 2144652,5 \text{ Nmm} \quad \textbf{(OK)}$$

Tabel 6.4. Resume tulangan pelat trestle.

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x	y	t		D (mm)	S
1	S5	4000	5000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
2	S6	4000	4000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
3	S7	1500	5000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
4	S8	1500	4000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150

6.6.4. Kontrol Pelat Trestle

Kontrol pada pelat trestle yang digunakan dalam proyek akhir ini yaitu kontrol retak pelat trestle dan kontrol geser pons pelat trestle.

a. Kontrol retak pelat dermaga

Berdasarkan BMS pasal 5.3.1 poin b, retakan pada pelat yang terlentur bisa dianggap terkendali bila jarak antar titik berat tulangan dalam tiap arah tidak melebihi nilai lebih kecil dari D atau 300 mm. Artinya yaitu tulangan yang berdiameter kurang dari setengah diameter tulangan terbesar pada penampang harus diabaikan. Dimana D adalah tinggi seluruh penampang dalam terlentur.

Tabel 6.5. Kontrol Jarak Tulangan Pelat Trestle

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan		Kontrol $S < 300$
		x	y	t		D (mm)	S	
1	S1	5500	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
2	S2	5000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
3	S3	1000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK
4	S4	2000	6000	350	Mlx	16	100	OK
					Mly	16	100	OK
					Mtx	16	100	OK
					Mty	16	100	OK

6.7. Penulangan Balok

6.7.1. Penulangan Balok Dermaga

Dalam perhitungan ini akan dibahas perhitungan penulangan balok, sebagai contoh perhitungan diambil Balok Crane (B1).

- Data-data perencanaan balok :
 1. Bentang balok : 6000 mm
 2. Lebar balok (B_{balok}) : 1000 mm
 3. Tinggi balok (H_{balok}) : 2000 mm
 4. Mutu beton (f_c') : 30 MPa
 5. Tebal decking (t_s) : 90 mm
 6. Berat jenis beton : 2400 kg/m³
 7. Mutu tulangan ulir : 400 MPa
 8. Faktor reduksi lentur (ϕ) : 0,8
 9. Faktor reduksi geser & torsi(ϕ) : 0,75
 10. Dia. Tulangan lentur rencana, D : 29 mm
 11. Dia. Tulangan geser rencana, \emptyset : 13 mm
 12. Tinggi efektif balok, $d = h - t_s - \emptyset_{\text{senggang}} - \frac{1}{2} \cdot D_{\text{lentur}}$

$$= 2000 - 90 - 13 - \frac{1}{2} \times 29$$

$$= 1882,5 \text{ mm}$$

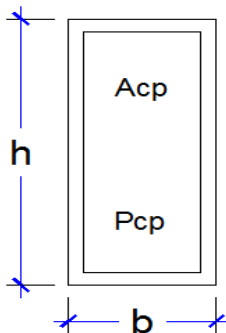
6.7.1.1. Perhitungan Penulangan Torsi Balok



$$T_u = 340.965.678.0 \text{ N.mm}$$

- Momen puntir nominal :

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{T_u}{\phi} \\ &= \frac{340.968.678}{0,75} \\ &= 464.620.904 \text{ N.mm} \end{aligned}$$



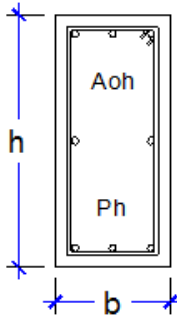
Gambar 6.37. Luasan Acp dan keliling Pcp

- Luasan penampang dibatasi sisi luar

$$\begin{aligned} A_{cp} &= b \times h \\ &= 1000 \times 2000 \\ &= 2.000.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi sisi luar

$$\begin{aligned} P_{cp} &= 2 \cdot (b+h) \\ &= 2 \cdot (1000 + 2000) \\ &= 6000 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 6.38. Luasan Aoh dan keliling Ph

- Luasan penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} A_{oh} &= (b_{balok} - 2 \cdot ts - \emptyset_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot ts - \emptyset_{geser}) \\ &= (1000 - 2 \cdot 90 - 13) \times (2000 - 2 \cdot 90 - 13) \\ &= 1.458.249 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang dibatasi As tulangan sengkang:

$$\begin{aligned} P_h &= 2 \times ((b_{balok} - 2 \cdot ts - \emptyset_{geser}) + (h_{balok} - 2 \cdot ts - \emptyset_{geser})) \\ &= 2 \times ((1000 - 2 \cdot 90 - 13) + (2000 - 2 \cdot 90 - 13)) \\ &= 5228 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Cek Pengaruh Tulangan Puntir :

$$\begin{aligned} T_u \min &= \frac{\phi \cdot \sqrt{f_c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)}{12} \\ &= \frac{0,75 \sqrt{30} \left(\frac{2000000^2}{6400} \right)}{12} \\ &= 228217732 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Syarat : $T_u \min \geq T_u$ Tulangan puntir diabaikan

$T_u \min < T_u$ Tulangan puntir ditinjau

Kontrol : $228.217.732 < 340.965.678$

Maka direncanakan tulangan puntir.

- Cek Dimensi Penampang :

$$\begin{aligned} &= \sqrt{\left(\frac{V_u}{b.d} \right)^2 + \left(\frac{T_u \cdot ph}{1,7 \cdot x A_o h^2} \right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b.d} + \frac{2 \cdot \sqrt{f_c'}}{3} \right) \\ &= \sqrt{\left(\frac{1497914}{1000 \cdot 1882,5} \right)^2 + \left(\frac{340965678 \cdot 5228}{1,7 \cdot x 1458249^2} \right)^2} \leq 0,75 \left(\frac{1718480}{1000 \cdot 1882,5} + \frac{2 \cdot \sqrt{30}}{3} \right) \\ &= 0,7901 \leq 3,423 \quad \longrightarrow \quad \text{Penampang OK} \end{aligned}$$

- Tulangan puntir untuk geser

$$\begin{aligned} T_n &= \frac{2 \cdot A_o \cdot A_t \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta}{s} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \cdot A_o \cdot f_{yv} \cdot \cot \theta} \longrightarrow A_o = 0,85 \cdot x A_o h \\ &= \frac{2824442525}{2 \cdot x 1239511,65 \cdot x 400 \cdot \cot 45} \\ &= 0,4585 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

- Tulangan puntir lentur

$$\begin{aligned}
 A1 &= \frac{At}{s} \cdot Ph \left(\frac{f_{yv}}{f_{yt}} \right) \cdot \cot^2 \theta \\
 &= 0,4585 \times 5228 \left(\frac{400}{400} \right) \cdot \cot^2 45 \\
 &= 2396,87 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Tulangan puntir minimum lentur

$$\begin{aligned}
 A1_{\min} &= \frac{5 \cdot \sqrt{f_c'} \cdot Acp}{12 \cdot f_{yt}} - \left(\frac{At}{s} \right) \cdot ph \frac{f_{yv}}{f_{yt}} \\
 &= \frac{5 \cdot \sqrt{30} \cdot 2000000}{12 \cdot 400} - (0,4585) \cdot 5228 \frac{400}{400} \\
 &= 9014,017 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan puntir perlu \leq Tulangan puntir minimum

$$2396,87 \text{ mm}^2 < 9014,017 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan puntir min 9014,017 mm²

- Luasan tulangan puntir untuk lentur didistribusikan merata ke 4 sisi balok

$$\begin{aligned}
 \frac{A1}{4} &= \frac{9014,02}{4} \\
 &= 2253,504 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Penulangan torsi pada tulangan memanjang pada sisi kanan dan kiri diperlukan luasan tulangan sebesar :

$$2x \frac{A1}{4} = 4507,01 \text{ mm}^2$$

- Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (*web*)

$$\begin{aligned}
 &= \frac{As_{perlu}}{Luasan D_{lentur}} \\
 &= \frac{4507,01}{660,185} \\
 &= 6,83 \approx 8 \longrightarrow 8D29
 \end{aligned}$$

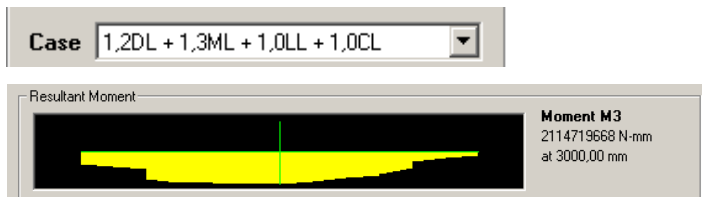
- Luasan tulangan pasang puntir longitudinal (*web*)

$$\begin{aligned} \text{As pasang puntir} &= n_{\text{pasang}} \times \text{Luasan Dpuntir} \\ &= 8 \times 660,185 \\ &= 5281,48 > 4507,01 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

6.7.1.2. Perhitungan Penulangan Lentur Balok

a. Tulangan Lapangan

Hasil output SAP2000 :



$$M_u = 2.114.719.668 \text{ N.mm (output SAP2000)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{2.114.719.668 \text{ N.mm}}{0,8} \\ &= 2.643.399.585,0 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Direncanakan dipasang tulangan 10-D29

➤ Luas tulangan yang dipasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pasang}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 10 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2 \cdot 10 \\ &= 6601,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s_o} &= \rho \times b \times d' \\
 &= 0,0035 \times 800 \times 1486 \\
 &= 4160,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{s_o} < A_{s_{pasang}}$$

$$4160,8 \text{ mm}^2 < 6601,85 \text{ mm}^2$$

OK

➤ Cek kemampuan nominal

$$\text{Kontrol } \phi M_n \geq M_u$$

$$\begin{aligned}
 T &= A_s \cdot f_y \\
 &= 6601,85 \times 400 \\
 &= 2.640.740,0 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{0,85 \times f_c' \times b} \\
 &= 103,56 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{pakai} &= \phi \cdot T \cdot (d - a/2) \\
 &= 3.867.566.084 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$M_{pakai} \geq M_n$$

$$3.867.566.084 \text{ N.mm} \geq 2643399585.000 \text{ N/mm (OK)}$$

➤ Luas tulangan tarik akibat torsi

$$\begin{aligned}
 A_{s_{perlu}} &= A_s + (A_1 / 4) \\
 &= 6601,85 + 2253,504 \\
 &= 8855,3543 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Direncanakan dipasang tulangan 16 D22

➤ Luas tulangan yang dipasang

$$A_{s_{pasang}} = 10.562,96 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{perlu}} < A_{s_{pasang}}$$

$$8.855,3543 \text{ mm}^2 < 10.562,96 \text{ mm}^2$$

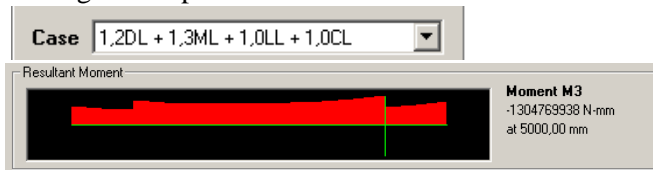
Maka dipasang tulangan 16 D22

➤ **Luas tulangan tekan lapangan**

$$\begin{aligned} A_{\text{Stekan}} &= \delta \cdot A_{\text{Starik}} \\ &= 0,4 \times 10.562,96 \\ &= 4225,184 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan 8 D29 (5281,48 mm²)

b. Tulangan Tumpuan



$$M_u = 1.304.769.938 \text{ N.mm (output SAP2000)}$$

$$\begin{aligned} M_n &= \frac{M_u}{\phi} \\ &= \frac{1.304.769.938 \text{ N.mm}}{0,8} \\ &= 1630962422.500 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

Direncanakan dipasang tulangan 10-D29

➤ **Luas tulangan yang dipasang**

$$\begin{aligned} A_{\text{spasang}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot 12 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 29^2 \cdot 12 \\ &= 6601,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{1,4}{f_y} \\ &= \frac{1,4}{390} \\ &= 0,0035 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s_o} &= \rho \times b \times d' \\ &= 0,0035 \times 1000 \times 1882,5 \\ &= 6588,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s_o} < A_{s_{pasang}}$$

$$6588,75 \text{ mm}^2 < 6601,85 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

- Cek kemampuan nominal

Kontrol $\phi M_n \geq M_u$

$$T = A_s \cdot f_y$$

$$= 6601,85 \times 400$$

$$= 2.640.740.00 \text{ N}$$

$$a = \frac{T}{0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$= 103,56 \text{ mm}$$

$$M_{pakai} = \phi \cdot T \cdot (d - a/2)$$

$$= 3.867.566.083 \text{ N.mm}$$

$$M_{pakai} \geq M_n$$

$$3.867.566.083 \text{ N.mm} \geq 1.630.962.422.5 \text{ Nmm} \quad \mathbf{(OK)}$$

- Luas tulangan tarik akibat torsi

$$A_{s_{perlu}} = A_s + (A_1 / 4)$$

$$= 6601,85 + 2253.50$$

$$= 8855,3543 \text{ mm}^2$$

Direncanakan dipasang tulangan 16 D29

- Luas tulangan yang dipasang

$$A_{s_{pasang}} = 10.562,96 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{perlu}} < A_{s_{pasang}}$$

$$8855,35 \text{ mm}^2 < 10.562,96 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan 16 D29

- **Luas tulangan tekan lapangan**

$$A_{s_{tekan}} = \delta \cdot A_{s_{tarik}}$$

$$= 0,4 \times 10.562,96$$

$$= 2431,616 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 7 D22 (2659,58 mm²)

6.7.1.3. Perhitungan Penulangan Geser Balok



- Gaya geser ultimate

$$V_u = 1.497.914,14 \text{ N}$$
- Kuat tekan beton

$$V_c = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{6} \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 1882,50$$

$$= 1.718.479,52 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ min}} = \frac{1}{3} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 1000 \cdot 1882,5$$

$$= 627.500,00 \text{ N}$$

$$V_s = \frac{1}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{1}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 1882,5$$

$$= 3.436.959,05 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ max}} = \frac{2}{3} \cdot \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= \frac{2}{3} \cdot \sqrt{30} \cdot 1000 \cdot 1882,5$$

$$= 6.873.918,10 \text{ N}$$

Cek kondisi

Syarat :

$$\text{Kondisi 1} \longrightarrow V_u \leq 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$\text{Kondisi 2} \longrightarrow 0,5 \cdot \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi \cdot V_c$$

$$\text{Kondisi 3} \longrightarrow \phi \cdot V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$\text{Kondisi 4} \longrightarrow \phi (V_c + V_{s_{\min}}) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s)$$

$$\text{Kondisi 5} \longrightarrow \phi (V_c + V_s) \leq V_u \leq \phi (V_c + V_{s_{\max}})$$

✓ Cek geser kondisi 1

$$V_u = 1.497.914,14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} 0,5 \cdot \phi \cdot V_c &= 0,5 \cdot \phi \cdot 1.718.479,52 \text{ N} \\ &= 644.429,822 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < 0,5 \cdot \phi \cdot V_c$$

$$1.497.914,14 \text{ N} > 644.429,822 \text{ (tidak memenuhi)}$$

✓ Cek geser kondisi 2

$$V_u = 1.497.914,14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi \cdot V_c &= 0,75 \cdot 1.718.479,52 \text{ N} \\ &= 1.288.859,643 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi \cdot V_c$$

$$1.497.914,14 \text{ N} > 1.425.790,28 \text{ (tidak memenuhi)}$$

✓ Cek geser kondisi 3

$$V_u = 1.497.914,14 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \phi (V_c + V_{s_{\min}}) &= 0,75 (1.718.479,52 \text{ N} + 627.500,00 \text{ N}) \\ &= 1.759.484,643 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_u < \phi (V_c + V_{s_{\min}})$$

$$1.497.914,14 \text{ N} < 1.759.484,643 \text{ N (memenuhi)}$$

- Tulangan geser

$$V_{s_{\min}} = 627500.00$$

- Luas tulangan geser

$$A_{v_{\min}} = \frac{bw.s}{3.fy}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s} &= \frac{1000}{3.400} \\ &= 0,833 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Digunakan sengkang 4 kaki :

$$\begin{aligned} A_v &= 4 \cdot A_s \\ &= 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (13)^2 \\ &= 530,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Luas tulangan geser + luas tambahan puntir transversal

$$\begin{aligned} A_{\text{total}} / s &= (A_v / s) + 4 (A_t / s) \\ &= 2,6672 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Maka diperoleh nilai :

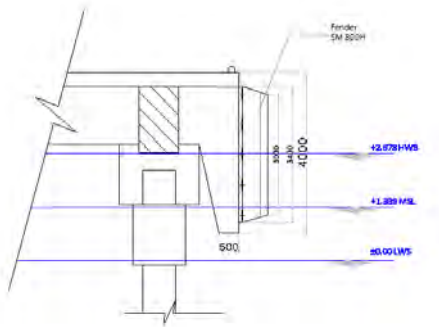
$$\begin{aligned} S_{\text{perlu}} &= A_v / (A_{\text{total}} / s) \\ &= 530,66 / 2,6672 \\ &= 198,96 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan geser 4 kaki Ø13 – 150

Tabel 6.6. Resume tulangan balok dermaga dan trestle

B1	2000 x 1000 Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	16 D29	16 D29
Lentur tekan	8 D29	8 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D29	8 D29
B2	1800 x 1000 Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	14 D29	14 D29
Lentur tekan	6 D29	6 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D22	8 D22
B3	1800 x 1000 Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	14 D29	14 D29
Lentur tekan	6 D29	6 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D22	8 D22
B4	700 x 350 Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	6 D19	6 D19
Lentur tekan	4 D19	4 D19
Sengkang	Ø 13 - 100	Ø 13 - 150
Torsi	4 D19	4 D19
B5	700 x 350 Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	6 D19	6 D19
Lentur tekan	4 D19	4 D19
Sengkang	Ø 13 - 50	Ø 13 - 150
Torsi	4 D19	4 D19

6.8. Penulangan Plat Fender



Gambar 6.39. Dimensi pelat fender

Perhitungan plat fender sama dengan perhitungan plat lantai.

Data rencana :

tebal = 500 mm

ts = 90 mm

D = 16 mm

fc' = 30 MPa

fy = 400 MPa

$\gamma_{\text{beton}} = 2500 \text{ kg/m}^3$

$\beta = 0,85$

$\phi = 0,80$

Output momen dari SAP2000

Mx = 5.107.790,91 N.mm

My = 2.753.636,04 N.mm

Tinggi efektif

dx = tebal – ts – $\frac{1}{2}$ D

= 500 – 90 – $\frac{1}{2}$ 16

= 402 mm

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{tebal} - t_s - D - \frac{1}{2}.D \\
 &= 500 - 90 - 16 - \frac{1}{2}.16 \\
 &= 386 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

a. Arah X

Tulangan plat fender arah x direncanakan menggunakan **D16 – 100**, maka :

- Momen nominal

$$\begin{aligned}
 M_n &= \frac{M_x}{\phi} \\
 &= \frac{5.107.790,91}{0,80} \\
 &= 6.384.738,638 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 803840 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{\beta 1.1000.f'c'} \\
 &= \frac{803840}{0,85.1000.30} \\
 &= 31,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ma &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 803840 \cdot (402 \text{ mm} - 31,52 \text{ mm} / 2) \\
 &= 248379121 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kontrol :} \quad Ma &> Mn \\
 248379121 \text{ N.mm} &> 6384739 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

b. Arah Y

Tulangan plat fender arah y direncanakan menggunakan **D16 – 100**, maka :

- Momen nominal

$$\begin{aligned}
 Mn &= \frac{My}{\phi} \\
 &= \frac{2.753.636,04}{0,80} \\
 &= 3442045,05 \text{ N.mm}
 \end{aligned}$$

- Luas tulangan

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 16^2 \cdot \frac{1000 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned}
 T &= A_{s \text{ pakai}} \cdot f_y \\
 &= 2009,6 \text{ mm}^2 \cdot 400 \text{ N/mm}^2 \\
 &= 803840 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{T}{\beta 1.1000 \cdot f_c'} \\
 &= \frac{803840}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\
 &= 31,52 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 &= 0,85 \cdot 803840 \left(386 \text{ mm} - 31,52 \text{ mm} / 2 \right) \\
 &= 238089969 \text{ N.mm} \\
 \text{Kontrol :} \quad M_a &> M_n \\
 238.089.969 \text{ N.mm} &> 3442045,05 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})
 \end{aligned}$$

6.9. Perencanaan Kolom Virtual

Data rencana :

$$f_c' = 30 \text{ MPa} = 300 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y \text{ ulir} = 400 \text{ MPa} = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y \text{ polos} = 240 \text{ MPa}$$

$$\gamma \text{ beton} = 24 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{decking} = 80 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,65 \quad (\text{faktor reduksi kolom sengkang persegi})$$

$$L_u = 145 \text{ cm}$$

$$\text{Dimensi} = 1000 \text{ mm} \times 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio tulangan kolom diambil} = 0,01$$

a. Pembebanan

Beban mati

$$\begin{aligned}
 1. \quad \text{BS. kolom} &= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 1,45 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 34,8 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad \text{BS. pelat} &= 6 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 \\
 &= 252 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\text{Beban hidup} = 3 \text{ ton} = 30 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ultimate} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 \times 286,8 \text{ kN} + 1,6 \times 30 \text{ kN} \\
 &= 392,16 \text{ kN}.
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Dimensi

$$A_g \geq \frac{P_u}{0,45(f_c' + f_y \cdot \rho)}$$

$$= \frac{39216kg}{0,45(300 + 4000 \times 0,01)}$$

$$= 256 \text{ cm}^2$$

$$h = 100 \text{ cm}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$\text{Agr} = 10000 \text{ cm}^2 > 256 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

c. Perhitungan Tulangan

$$\begin{aligned} \text{Ast} &= \rho \times \text{Agr} \\ &= 0,01 \times 10000 \\ &= 100 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan : 14 D32

$$\text{Ast} = 11253,76 \text{ mm}^2 > 10000 \text{ cm}^2 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Pn} &= 0,85 \cdot f_c' \cdot (\text{Agr} - \text{Ast}) + f_y \cdot \text{Ast} \\ &= 0,85 \cdot 300 (10000 - 100) + 400 \times 100 \\ &= 2.924.500 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset \text{Pn}_{\text{maks}} &= 0,8 \times \emptyset \text{Pn} \\ &= 0,8 \times 0,65 \times 2.924.500 \\ &= 1.520.740 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\emptyset \text{Pn} > U$$

$$1.520.740 \text{ kN} > 392,16 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

d. Panjang Penyaluran

Direncanakan tulangan D22

$$L_d = \frac{3 \cdot f_y \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda}{5 \sqrt{f_c'}} \cdot db$$

$$L_d = \frac{3 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{5 \sqrt{30}} \cdot 32 = 140,2 \text{ mm}$$

Maka panjang penyaluran tulangan kondisi tarik berdasarlam SNI 14.15-1, yaitu :

$$\begin{aligned} 1,3 \times L_d &= 1,3 \times 140,2 \text{ mm} \\ &= 182,28 \text{ mm.} \end{aligned}$$

6.10. Perencanaan Pile cap

6.10.1. Pile Cap Dermaga (PC1)

Data perencanaan

$$b_x = 2000 \text{ mm}$$

$$b_y = 2000 \text{ mm}$$

$$t_s = 90 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 19 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tiang}} = 812,8$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$P_u = 293,064 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{efektif}} &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 1500 - 90 - \frac{1}{2} 19 \\ &= 1400,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Pile cap (PC1) direncanakan menggunakan D19-200.

Kontrol penampang dan penulangan sebagai berikut:

- Momen ultimate

$$\begin{aligned} M_u &= P_u \cdot \text{eksentris} \\ &= 293,064 \times 0,4064 \\ &= 119,10 \text{ ton.m} \\ &= 1191012096,0 \text{ N.mm / m} \end{aligned}$$

- Luasan tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 \cdot \frac{2000 \text{ mm}}{200 \text{ mm}} \\ &= 2833,850 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 2833,850 \times 400 \\ &= 1133540 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0,85 \cdot b \cdot f_c'} \\ &= \frac{1133540}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 44,453 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$\begin{aligned} M_{\text{pakai}} &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 1133540 \cdot (1400,5 \text{ mm} - 44,453 \text{ mm} / 2) \\ &= 1.249.862.719 \text{ N.mm/m} \end{aligned}$$

$$M_{\text{pakai}} > M_u$$

$$1.249.862.719 > 1.191.012.096,0 \quad \textbf{(OK)}$$

6.10.2. Pile Cap Dermaga (PC2)

Data perencanaan

$$b_x = 2000 \text{ mm} \quad ; \quad b_y = 4000 \text{ mm}$$

$$t_s = 90 \text{ mm}$$

$$h = 1500 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 19 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tiang}} = 812,8 \text{ mm}$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$P_u = 165.92 \text{ ton} \quad (1,2DL + 1,6BL)$$

$$\begin{aligned} D_{\text{efektif}} &= h - t_s - \frac{1}{2} D \\ &= 1500 - 90 - \frac{1}{2} 19 \\ &= 1400,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

a. Arah X

Pile cap (PC2) direncanakan menggunakan D19-200.
Kontrol penampang dan penulangan sebagai berikut:

- Momen ultimate

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{Pu} \cdot \text{eksentris} \\ &= 165,92 \times 0,406 \\ &= 67,4298880 \text{ ton.m} \\ &= 674298880 \text{ N.mm / m} \end{aligned}$$

- Luasan tulangan pasang

$$\begin{aligned} \text{As}_{\text{pakai}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 \cdot \frac{4000\text{mm}}{200\text{mm}} \\ &= 5667,700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= \text{As} \cdot f_y \\ &= 5667,700 \times 400 \\ &= 2267080 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0,85 \cdot b \cdot f_c'} \\ &= \frac{2.267.080}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 88,9051 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Ma} &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 2267080 (1400,5 \text{ mm} - 88,9051 \text{ mm} / 2) \\ &= 2.459.414.444,1 \text{ N.mm/m} \\ \text{Ma} &> \text{Mu} \\ 2.459.414.444,1 &> 674.298.880,0 \quad \textbf{(OK)} \end{aligned}$$

b. Arah Y

Pile cap (PC2) direncanakan menggunakan D19-100.
Kontrol penampang dan penulangan sebagai berikut:

- $$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{Pu} \cdot \text{Eksentrisitas} \\ &= 165,92 \times 0,62 \\ &= 102,8704000 \text{ Ton.m} \\ &= 1.028.704.000 \text{ N.mm / m} \end{aligned}$$

• Luasan tulangan pasang

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{pakai}}} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \frac{b}{s} \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 19^2 \cdot \frac{2000\text{mm}}{100\text{mm}} \\ &= 5667,700 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

• Cek kemampuan nominal

$$\begin{aligned} T &= A_s \cdot f_y \\ &= 5667,700 \cdot 400 \\ &= 2267080 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{T}{0,85 \cdot b \cdot f_c'} \\ &= \frac{2.267.080}{0,85 \cdot 1000 \cdot 30} \\ &= 88,9051 \text{ mm} \end{aligned}$$

• Kontrol Mu Pile Cap sebagai berikut

$$\begin{aligned} M_a &= 0,85 \cdot T \cdot \left(d - \frac{a}{2} \right) \\ &= 0,85 \cdot 2267080 (1400,5 \text{ mm} - 88,9051 \text{ mm} / 2) \\ &= 2459414444,13 \text{ N.mm / m} \\ M_a &> M_u \\ 2.459.414.444,13 &> 1.028.704.000 \quad \text{(OK)} \end{aligned}$$

Tabel 6.7. Resume Tulangan Pile Cap

No	Type	Dimensi (cm)	Tulangan			
			X		Y	
			D (mm)	S (mm)	D (mm)	S (mm)
1	PC1	200 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 200
2	PC2	400 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 100
3	PC3	200 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 200

6.11. Perencanaan Shear Ring, Panjang Penyaluran ke Struktur Atas dan Base Plate.

6.11.1. Perhitungan Shear Ring

Data Perencanaan :

$$D_{\text{tiang}} = 812,8 \text{ mm}$$

$$Dd_{\text{tiang}} = 784,8 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$\phi = 0,7$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 26 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{\text{kerja}} = 293,064 \text{ ton}$$

$$K_{\text{dalam tiang}} = 2465,52 \text{ mm}$$

- Kekuatan Shear Ring

$$V_{\text{shear ring}} > P_{\text{kerja}}$$

$$V_{\text{shear ring}} = 0,85 \cdot f_c' \cdot \text{Keliling dalam tiang} \cdot D_{\text{shear}}$$

$$= 0,85 \cdot 30 \cdot 9857,088 \cdot 22$$

$$= 1.383.157,79 \text{ N}$$

$$= 138,3158 \text{ ton}$$

$$V_{\text{shear ring total}} = n \times V_{\text{shear ring}}$$

$$= 3 \times 138,3158$$

$$= 414,947 \text{ ton}$$

$$V_{\text{shear ring total}} > P_{\text{kerja}}$$

$$414,947 \text{ ton} > 293,064 \quad (\text{OK})$$

- Jarak Shear Ring

$$S \cdot \sqrt{f_c'} \cdot \frac{1}{6} \cdot Dd \leq 0,85 \cdot f_c' \cdot Dsr \cdot \pi \cdot Dd$$

$$S \leq \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot Dsr \cdot \pi \cdot Dd}{\sqrt{f_c'} \cdot \frac{1}{6} \cdot \pi \cdot Dd}$$

$$S \leq \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot Dsr}{\sqrt{f_c'}} \cdot 6$$

$$S \leq \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 22}{\sqrt{30}} \cdot 6$$

$$S \leq 614,5447 \text{ mm}$$

Digunakan jarak shear ring 200 mm

- Kontrol Kekuatan Las

Direncanakan dilas menggunakan E60xx, maka :

Tegangan ijin tarik las (σ_e) = 460 MPa

Direncanakan tebal las = 5 mm

Kekuatan las = keliling las . tebal las . σ_e

$$= (3,14 \cdot 785) \cdot 5 \cdot 460$$

$$= 5667825,6 \text{ N}$$

$$= 566,78256 \text{ ton}$$

$$566,78256 \text{ ton} > 293,064 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

6.11.2. Perhitungan Panjang Penyaluran ke Struktur Atas

Luas panjang tulangan dari tiang ke struktur atas

Data perencanaan :

$$D_{\text{tiang}} = 812,8 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$D_{\text{tulangan}} = 29 \text{ mm}$$

$$A_{\text{tulangan}} = 660,185 \text{ mm}^2$$

$$P_u = 293,064 \text{ ton}$$

$$\phi = 0,7$$

- Luas tulangan longitudinal dari tiang ke struktur atas secara praktis dihitung dengan persamaan :

$$A_{s_{\text{perlu}}} \cdot f_{y_{\text{tulangan}}} \geq P_u / \phi$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} \geq \frac{2.930.640N}{400 \times 0,7}$$

$$A_{s_{\text{perlu}}} \geq 10.466,57 \text{ mm}^2$$

Sehingga digunakan tulangan 22 D 29 (11.018,26)

Senggang menggunakan spiral Ø12 – 150 mm

Panjang penyaluran (L_{db})

$$L_{db} = db \frac{f_y}{4 \cdot \sqrt{f_c'}}$$

$$= 29 \frac{400}{4 \cdot \sqrt{30}}$$

$$= 529,465 \text{ mm} \approx 600 \text{ mm}$$

6.11.3. Kebutuhan Base Plate

Base Plate digunakan sebagai penahan beton segar saat pengisian beton isian tiang. Base Plate direncanakan menggunakan plat baja dengan tebal 10 mm.

Sedangkan untuk menahan base plate digunakan tulangan pengait yang menahan base plate pada tiang pancang. Berat yang dipikul oleh base plate :

Data Perencanaan :

$$D_{\text{tiang}} = 812,8 \text{ mm}$$

$$t = 16 \text{ mm}$$

$$A_{\text{dalam tiang}} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (812,8 - (2 \times 16))^2$$

$$= 483.490,167 \text{ mm}^2$$

$$L = 1500 \text{ mm}$$

$$T_{b_{\text{plate}}} = 10 \text{ mm}$$

$$\gamma_{\text{beton}} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{baja}} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\begin{aligned}
 P &= A_{\text{dlm tiang}} \cdot T_{\text{plate}} \cdot \gamma_{\text{baja}} + A_{\text{dlm tiang}} \cdot \gamma_{\text{beton}} \cdot L \\
 &= 0,4835 \cdot 0,01 \cdot 7850 + 0,4835 \cdot 2400 \cdot 1,5 \\
 &= 1,779 \text{ ton.}
 \end{aligned}$$

- Direncanakan menggunakan 4 buah pengait

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{P}{\sigma} \\
 &= \frac{1,779 \times 10^4}{1600} \\
 &= 111,157 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{\text{tiap pengait}} &= \frac{111,157}{4} \\
 &= 27,789 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \\
 &= \sqrt{\frac{4 \times 27,79}{3,14}} \\
 &= 5,950 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang 4 Ø10 mm

Tabel 6.8. Resume Panjang Penyaluran

No	Dia. Tiang mm	Tebal mm	Dia tulangan	Dia. Sengkang	Pjg Penyaluran mm	Pengait Base Plate
1	812.8	16	22 D 29	12 - 150 mm	600	4 10 mm
2	812.8	16	18 D 29	12 - 150 mm	600	4 10 mm
3	762	18	16 D 19	12 - 150 mm	400	4 10 mm

6.12. Perhitungan Daya Dukung Struktur Bawah

6.12.1. Daya Dukung Batas Pondasi

a. Data Tiang Pancang

$$D_{\text{tiang}} = 812,8 \text{ mm} = 0,8128 \text{ m}$$

$$T = 16 \text{ mm} = 0,016 \text{ m}$$

$$K_{\text{eliling tiang}} = 2,552 \text{ m}$$

$$A_{\text{tiang}} = 0,519 \text{ m}^2$$

$$\text{BJ. Baja} = 7850 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Berat Tiang} = 314,4 \text{ kg/m'}$$

$$\text{Momen Inersia} = 317982 \text{ cm}^4$$

b. Daya Dukung Yang Dizinkan Pada Arah Vertikal

- Berdasarkan data tanah SPT pada dermaga Murhum Baubau, maka perhitungan daya dukung ujung tiang diperoleh

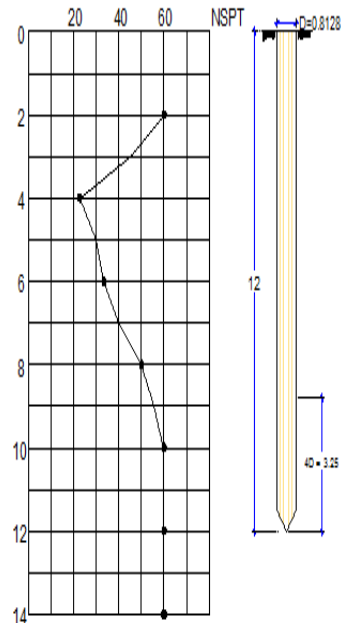
- (i) Harga N pada ujung tiang,

$$N_1 = 60$$

- (ii) Harga N rata-rata pada jarak $4D$ dari ujung tiang

$$N_2 = \frac{55 + 60 + 60 + 60}{4} = 58,75$$

- (iii) $N = \frac{60 + 58,75}{2} = 59,375$



BORE LOG

PROYEK : DED DERMAGA PELABUHAN BALI-BALI	MULAI : 15 OKTOBER 2014
LOKASI : DERMAGA PELABUHAN BALI-BALI	SELESAI : 18 OKTOBER 2014
LUBANG BOR : DED-01	JURU BOR : HENDRO CS
KEDALAMAN : 30.00 m	DIPERIKSA : TAJAL MANGUNSONG
KOORDINAT :	DICEK : RICKY
	MUKA AIR TANAH : - 9.30 m

TANGGAL	KEDALAMAN (m)	INTI BOR TERAMBIL				ROD %	PELAPUKAN	KEKUATAN	KELULUSAN K/cm ² /desik	AIR LUGUN	NAMA BATUAN/TANAH	SYMBOL BATUAN	DESKRIPSI	PENGAMBILAN SAMPEL	STANDAR PENETRASI TEST (SPT)				KEPADATAN RELATIF	CASING #	
		DARI	SAMPAI	PAJANG (m)	TERAMBIL %										GRAFIK TUMBUKAN / 30 cm PENETRASI	KEPADATAN RELATIF					
15 - 10 - 2014	0	0.00	1.50	1.50	95						PASIR		PASIR, sedang - sangat kasar, putih kekuningan, terdapat sangat banyak fragmen pemecahan batugamping terumbu, konsistensi sedang - sangat padat.	27	30	35	35	SANGAT PADAT			
	1	1.50	2.00	0.50	100																
	2	2.00	2.15	0.15	100																
	3	2.15	3.00	0.85	100																
	4	3.00	4.00	1.00	100																
	5	4.00	4.15	0.15	100																
	6	4.15	5.00	0.85	100																
	7	5.00	5.15	0.15	100																
15 - 10 - 2014	8	5.15	6.00	0.85	100						PASIR		PASIR, kasar - sangat kasar, putih kekuningan, terdapat sangat banyak fragmen pemecahan batugamping terumbu, konsistensi padat - sangat padat.	11	15	20	31	SANGAT PADAT			
	9	6.00	6.15	0.15	100																
	10	6.15	7.00	0.85	100																
	11	7.00	8.00	1.00	100																
	12	8.00	8.15	0.15	100																
	13	8.15	9.00	0.85	100																
	14	9.00	10.00	1.00	100																
	15	10.00	10.15	0.15	100																
17 - 10 - 2014	16	10.15	11.00	0.85	100						PASIR		PASIR, kasar - sangat kasar, putih kekuningan, terdapat sangat banyak fragmen pemecahan batugamping terumbu, konsistensi padat - sangat padat.	21	23	27	50	SANGAT PADAT			
	17	11.00	11.15	0.15	100																
	18	11.15	12.00	0.85	100																
	19	12.00	12.15	0.15	100																
	20	12.15	13.00	0.85	100																
	21	13.00	14.00	1.00	100																
	22	14.00	14.15	0.15	100																
	23	14.15	15.00	0.85	100																
18 - 10 - 2014	24	15.00	16.00	1.00	100						PASIR LAMAUAN		PASIR LAMAUAN, sedang - sangat kasar, abu-abu kehijauan, terdapat sangat banyak, konsistensi padat - sangat padat.	46	49	54		SANGAT PADAT			
	25	16.00	16.15	0.15	100																
	26	16.15	17.00	0.85	100																
	27	17.00	18.00	1.00	100																
	28	18.00	18.15	0.15	100																
	29	18.15	19.00	0.85	100																
	30	19.00	20.00	1.00	100																
	31	20.00	20.15	0.15	100																
18 - 10 - 2014	32	20.15	21.00	0.85	100						PASIR LAMAUAN		PASIR LAMAUAN, sedang - sangat kasar, abu-abu kehijauan, terdapat sangat banyak, konsistensi padat - sangat padat.	10	13	25	40	SANGAT PADAT			
	33	21.00	21.15	0.15	100																
	34	21.15	22.00	0.85	100																
	35	22.00	22.15	0.15	100																
	36	22.15	23.00	0.85	100																
	37	23.00	24.00	1.00	100																
	38	24.00	24.15	0.15	100																
	39	24.15	25.00	0.85	100																
18 - 10 - 2014	40	25.00	26.00	1.00	100						PASIR LAMAUAN		PASIR LAMAUAN, sedang - sangat kasar, abu-abu kehijauan, terdapat sangat banyak, konsistensi padat - sangat padat.	17	21	23	44	SANGAT PADAT			
	41	26.00	26.15	0.15	100																
	42	26.15	27.00	0.85	100																
	43	27.00	28.00	1.00	100																
	44	28.00	28.15	0.15	100																
	45	28.15	29.00	0.85	100																
	46	29.00	30.00	1.00	100																
	47	30.00	30.15	0.15	100																

KETERANGAN :

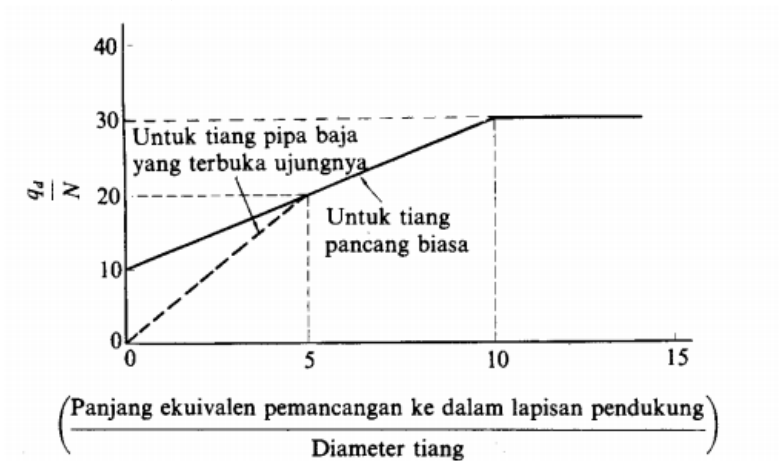
Gambar 6.40. Data Bore Log pelabuhan Murhum

Tabel 6.9. Data tanah SPT

Kedalaman (m)	Deskripsi	N Average	Grafik SPT	f _i (t/m ²)	f _i x tebal lapisan (t/m)	Σ(f _i *t) (t/m)
0	PASIR, sedang - sangat kasar, putih kekuningan, konsistensi sedang - padat - sangat padat	0		0	0	0
-1.00		1		0.2	0.20	0.20
-2.00		60		12	12.00	12.20
-3.00		45		12	12.00	24.20
-4.00		27		12	12.00	36.20
-5.00		30		12	12.00	48.20
-6.00		34		12	12.00	60.20
-7.00		40		12	12.00	72.20
-8.00		50		12	12.00	84.20
-9.00	PASIR, sedang - sangat kasar, putih keabuan, konsistensi sangat padat	55		12	12.00	96.20
-10.00		60		12	12.00	108.20
-11.00		60		12	12.00	120.20
-12.00		60		12	12.00	132.20
-13.00		60		12	12.00	144.20
-14.00		60		12	12.00	156.20

- Perhitungan Daya Dukung Ujung Tiang sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{L}{D} &= \frac{3,25}{0,8128} \\ &= 4,00\end{aligned}$$



Gambar 6.41. Diagram perhitungan dari intensitas daya dukung ultimate tanah pondasi pada ujung tiang

Berdasarkan pada gambar 6.40. diperoleh :

$$\begin{aligned}\frac{qd}{n} &= 18 \\ qd &= 18 \times N \\ &= 18 \cdot 59,375 \\ &= 106,27 \text{ t/m}^2 \\ R_p &= qd \cdot A \\ &= 1061,27 \times 0,519 \\ &= 556.46 \text{ ton}\end{aligned}$$

- Gaya geser maksimum dinding tiang

$$U = 2,552 \text{ m}$$

$$\sum li.fi = 132,20 \text{ t/m}$$

$$Rf = 2,5535 \times 132,20$$

$$= 377,57 \text{ ton}$$
- Daya dukung tiang ultimate

$$Ru = qd \cdot A + U \cdot \sum li.fi$$

$$= 556.46 + 377,57$$

$$= 894.03 \text{ ton}$$
- Daya Dukung Ijin

$$Ra = Ru / SF \quad \longrightarrow \quad \text{diambil } SF = 3$$

$$= 894.03 / 3$$

$$= 298,01 \text{ ton / tiang}$$
- c. Gaya Tarik (*Pull out Force*) Yang Diiijinkan

$$Wp = 2.844 \text{ ton/tiang}$$

$$SF = 3 \text{ (Standart Port Harbour Japan)}$$

$$Rc = Rf/SF + Wp$$

$$= 377,57 / 3 + 2.844$$

$$= 117 \text{ ton / tiang}$$
- d. Daya dukung ijin pondasi akibat beban horisontal
 - 1) Ketentuan :
 1. N – SPT -2,0 m dibawah tanah = 60,00
 2. Diameter tiang = 81,28 cm
 3. Mutu baja, fy = 400 MPa
 4. Modulus Elastisitas (E) = 2100000kg/cm²
 5. Momen Inesia Tiang (I) = 317982 cm⁴
 6. Tiang yang menonjol diatas tanah = 18,5 m

2) Modulus Elastisitas Tanah

$$E_o = 28 * N$$

$$= 1680$$

3) Perkiraan koefisien k dari reaksi tanah dibawah permukaan, dalam arah mendatar.

$$k = 0,2 \times E_o \times D^{-0,75} \cdot y^{-1/2}$$

$$k = (0,2 \cdot 1680 \cdot 81,28^{-3/4}) \cdot 1^{-1/2}$$

$$= 12,41 \text{ kg/cm}^3$$

$$4) \beta = 4 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot D}{4 \cdot E \cdot I}}$$

$$= 4 \cdot \sqrt{\frac{12,41 \times 81,28}{4 \times 2.100.000 \times 242053}}$$

$$= 0,0044 \text{ cm}^{-1}$$

$$5) H_a = \frac{4 \cdot E \cdot I \cdot \beta^3}{1 + \beta h} \times \delta$$

$$H_a = \frac{4 \times 2.100.000 \times 242053 \times 0,0044^3}{1 + 0,0044 \times 1850} \times 1$$

$$= 24995,19 \text{ kg}$$

$$= 25 \text{ ton / tiang}$$

Daya dukung horisontal yang diijinkan

$$(H_a) = 25 / SF$$

$$= 8,34 \text{ ton / tiang}$$

6.12.2. Daya Dukung Kapasitas Bahan

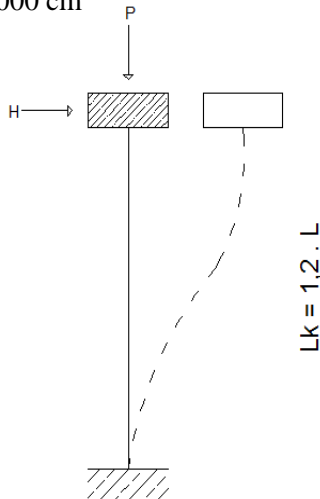
Kekuatan tiang menahan beban vertikal dihitung menurut persamaan 2. .

$$\tau \geq \omega \frac{N}{Ah.\alpha}$$

- Adapun kekuatan tiang diuraikan ini :

$$D_{\text{tiang}} = 81,28 \text{ cm}$$

$$L_{\text{tiang}} = 3000 \text{ cm}$$



Gambar 6.42. Asumsi panjang tekuk tiang

Dengan asumsi perletakan ujung-ujung adalah jepit-jepit dengan ujung jepit yang satu bertranslasi bebas maka panjang tekuk adalah $1,2 L$.

$$\begin{aligned} L_k &= 1,2 \cdot 3000 \\ &= 3600 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{214133,42}{5186,0541}} \\
 &= 6,4258 \text{ cm} \\
 \lambda_g &= \pi \sqrt{\frac{E}{0,7x f_y}} \\
 &= 3,14 \sqrt{\frac{2.100.000}{0,7x 2900}} \\
 &= 100,99
 \end{aligned}$$

- Faktor kelangsingan penampang

$$\begin{aligned}
 \lambda_g &= L_k / i \\
 &= 3600 / 6.4257 \\
 &= 560,246 \\
 \lambda_s &= \lambda / \lambda_s \\
 &= 560,246 / 101 \\
 &= 5,5474
 \end{aligned}$$

- Dengan nilai $\lambda_s > 1,2$ maka nilai ω dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \omega &= 1,25 \cdot \lambda_s \\
 &= 1,25 \cdot 5,5474^2 \\
 &= 38,467
 \end{aligned}$$

- P tekan ijin (beban tetap)

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{tetap}} &= f_y / 1,5 \\
 &= 1933,33 \text{ kg/cm}^2 \\
 \sigma_{\text{sementara}} &= 1,3 \times 1933,33 \\
 &= 2513,333 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{ijin tetap}} &= \frac{\tau \cdot A}{\omega} \\
 &= \frac{1933,33 \times 5186,054}{38,4667}
 \end{aligned}$$

$$= 260,6506 \text{ ton}$$
$$P_{\text{sementara}} = \frac{\tau \cdot \text{sementara} \cdot A}{\omega}$$
$$= \frac{2513,33 \times 5186,054}{38,4667}$$
$$= 338,8458 \text{ ton}$$
$$P_{\text{kerja}} < P_{\text{ijin tetap}}$$
$$162,5930 < 260,65 \quad \textbf{(OK)}$$

Tabel 6.10. Resume Kapasitas Bahan Tiang Pancang

Dia. Tiang (mm)	Posisi	Letak	Kapasitas Bahan (ton)		DDT (ton/tiang)	Kontrol
			Tetap	Sementara		
812.80	Lurus	Dermaga	260.6506	338.8458	286.730	OK
812,80	Miring	Dermaga	201.3464	261.7503	259.187	OK
762.00	Lurus	Trestle	289.9388	376.9204	259.187	OK

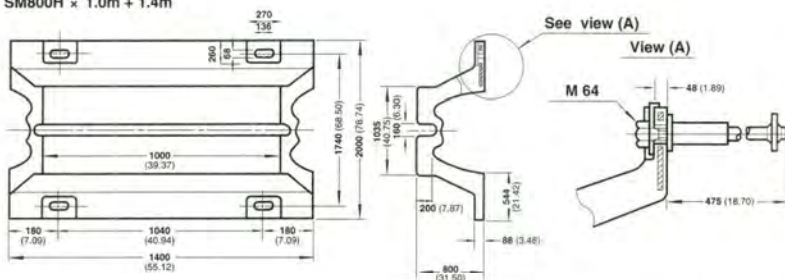
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

3. DIMENSIONS AND PERFORMANCE

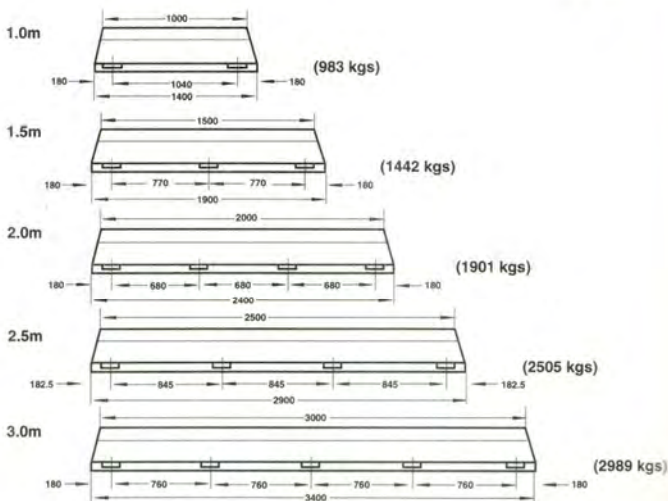
SM800H

(1) Standard sizes and bolt locations

SM800H × 1.0m + 1.4m



Unit: mm (inch)



DIMENSIONS AND PERFORMANCE

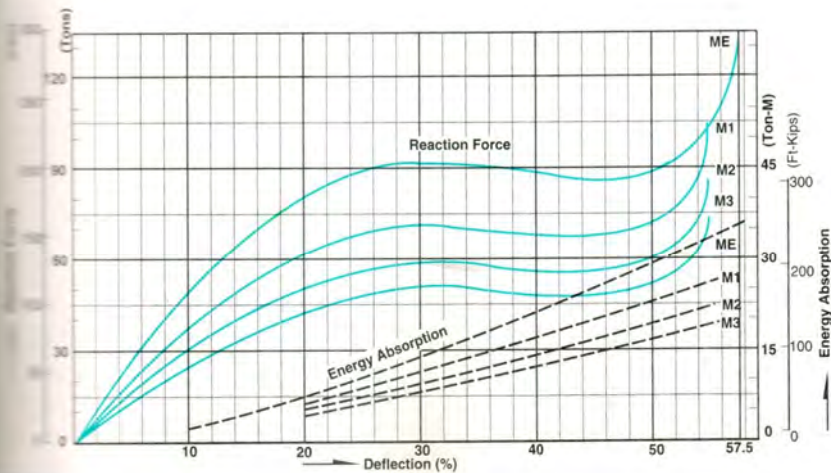
SM800H

Performance

Steel grade	ME				M1				M2				M3			
Deflection	52.5 %		57.5 %		50 %		55 %		50 %		55 %		50 %		55 %	
Resistance	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E	R	E
Length (m)	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips	Tons Kips	Ton-M Ft-Kips
1.0	91.5 201.8	29.9 216.3	128.3 282.9	34.1 246.7	69.9 154.1	21.7 157.0	98.9 218.1	25.0 180.9	57.9 127.7	18.1 131.0	80.0 176.4	20.8 150.5	49.6 109.4	15.3 110.7	68.0 149.9	17.7 128.1
1.5	137.3 302.7	44.9 324.9	192.5 424.5	51.2 370.4	104.9 231.3	32.6 235.9	148.1 326.6	37.5 271.3	86.9 191.6	27.2 196.8	120.0 264.6	31.2 225.7	74.4 164.1	23.0 166.4	102.0 224.9	26.6 192.5
2.0	183.0 403.5	59.8 432.6	256.6 565.8	68.2 493.4	139.8 308.3	43.4 314.0	197.4 435.3	50.0 361.8	115.8 255.3	36.2 261.9	160.0 352.8	41.6 301.0	99.2 218.7	30.6 221.4	136.0 299.9	35.4 256.1
2.5	228.8 504.5	74.8 541.2	320.8 707.4	85.3 617.1	174.8 385.4	54.3 392.9	246.8 544.2	62.5 452.2	144.8 319.3	45.3 327.7	200.0 441.0	52.0 376.2	124.0 273.4	38.3 277.1	170.0 374.9	44.3 320.5
3.0	274.5 605.3	89.7 649.0	384.9 848.7	102.3 740.1	209.7 462.4	65.1 471.0	296.1 652.9	75.0 542.6	173.7 383.0	54.3 392.9	240.0 529.2	62.4 451.5	148.8 328.1	45.9 332.1	204.0 449.8	53.1 384.2

R: Reaction force E: Energy absorption Tolerance: $\pm 10\%$

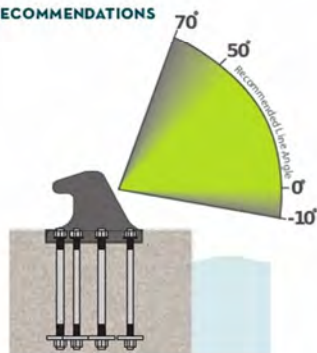
Performance Curve

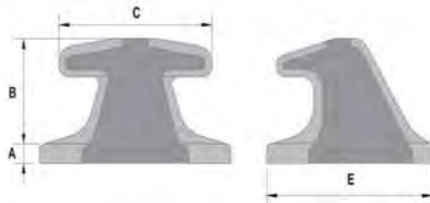
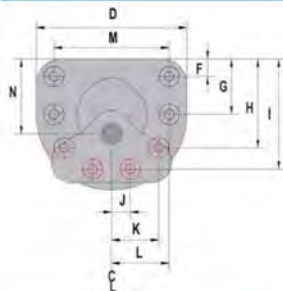


MT T-HEAD BOLLARDS



LOAD ANGLE RECOMMENDATIONS





DIMENSIONS AND CAPACITIES



Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Imperial Dimensions (Inches)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	1-7/8	2	2-1/8	2-1/4	2-3/4	3-1/4	3-1/4	3-3/8	3-5/8	3-7/8
B	7-7/8	8-5/8	9-1/2	9-7/8	12-1/8	13-7/8	16-1/8	18	19-3/8	20-1/2
C	12	13-1/4	13-3/4	14-3/8	17-3/4	20-3/8	24	26-3/8	28-3/8	30
D	15	16-1/2	17-1/4	18	22-1/4	25-1/2	30	33	35-3/8	37-1/2
E	13	14-1/4	15	15-5/8	19-1/4	22-1/8	26	28-5/8	30-5/8	32-1/2
F	1-3/4	1-7/8	2	2-1/8	2-5/8	3	3-1/2	3-7/8	4-1/8	4-3/8
G	-	-	-	-	-	-	12	13-1/4	14-1/8	13-3/4
H	-	-	9-1/8	9-1/2	11-3/4	11-3/4	19-1/2	21-1/2	23-1/8	22
I	9-5/8	10-1/2	13	13-1/2	16-5/8	18-1/4	22-1/2	24-3/4	26-1/2	27-3/8
J	4-1/8	4-1/2	0	0	0	4-1/8	0	0	0	4-5/8
K	-	-	6	6-1/4	7-3/4	9-1/2	7-3/4	8-1/2	9-1/8	11-3/4
L	-	-	-	-	-	-	11-1/2	12-5/8	13-1/2	14-3/8
M	11-1/2	12-5/8	13-1/4	13-3/4	17	19-1/2	23	25-1/4	27-1/8	28-3/4
N	7-3/8	8-1/8	8-1/2	8-7/8	11	12-5/8	14-7/8	16-3/8	17-1/2	18-5/8
Bolt Size	1	1	1	1-1/8	1-3/8	1-1/2	1-3/4	1-3/4	2	2
Bolt Length	18	18	18	18	24	24	30	30	36	36
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8

Standard Bollard Capacity (Metric Tonnes)

Metric Dimensions (mm)	MT 10	MT 15	MT 20	MT 30	MT 50	MT 75	MT 100	MT 125	MT 150	MT 200
A	47	52	54	57	70	80	80	87	93	97
B	199	219	240	250	308	354	413	458	492	521
C	305	335	351	366	451	518	610	671	719	762
D	361	419	438	457	564	646	762	838	899	952
E	330	363	380	396	489	561	660	726	779	826
F	44	49	51	53	66	76	89	98	105	111
G	-	-	-	-	-	-	305	335	360	349
H	-	-	232	242	298	298	496	546	586	559
I	243	267	329	343	423	463	572	629	674	694
J	103	114	0	0	0	105	0	0	0	119
K	-	-	152	159	196	241	195	215	231	299
L	-	-	-	-	-	-	291	320	343	365
M	292	321	336	351	432	497	584	643	689	730
N	186	208	217	226	279	321	377	415	445	472
Bolt Size	M24	M24	M24	M30	M36	M42	M42	M48	M48	M56
Bolt Length	450	450	450	450	600	600	600	750	750	915
Bolt Qty	4	4	5	5	5	6	7	7	7	8



PT. GUNUNG RAJA PAKSI

Steel Is Our Business

TABLE WEIGHT OF SPIRAL WELDED PIPE Kg/Mtr

OD		Thickness														
(inch)	(mm)	6.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	12.70	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
8	203.2	29.18	38.51	43.10	47.64	52.14	56.58	59.66	60.97	65.32	69.62	73.86	78.06	82.21	86.31	90.35
10	254	36.69	48.53	54.38	60.17	65.92	71.61	75.57	77.26	82.86	88.41	93.91	99.36	104.76	110.11	115.41
12	304.8	44.21	58.55	65.65	72.70	79.70	86.65	91.48	93.55	100.40	107.20	113.95	120.65	127.30	133.91	140.46
14	355.6	51.73	68.57	76.92	85.22	93.48	101.68	107.39	109.83	117.93	125.99	133.99	141.95	149.85	157.71	165.52
16	406.4	59.24	78.60	88.20	97.75	107.26	116.71	123.30	126.12	135.47	144.78	154.04	163.24	172.40	181.51	190.57
18	457.2	66.76	88.62	99.47	110.28	121.04	131.74	139.21	142.40	153.01	163.57	174.08	184.54	194.95	205.31	215.63
20	508	74.28	98.64	110.75	122.81	134.82	146.78	155.12	158.69	170.55	182.36	194.12	205.84	217.50	229.12	240.68
22	558.8	81.79	108.66	122.02	135.33	148.60	161.81	171.03	174.97	188.09	201.15	214.17	227.13	240.05	252.92	265.74
24	609.6	89.31	118.68	133.30	147.86	162.38	176.84	186.94	191.26	205.62	219.94	234.21	248.43	262.60	276.72	290.79
26	660.4	96.83	128.71	144.57	160.39	176.16	191.87	202.85	207.54	223.16	238.73	254.25	269.73	285.15	300.52	315.85
28	711.2	104.34	138.73	155.85	172.92	189.94	206.91	218.76	223.83	240.70	257.52	274.30	291.02	307.70	324.32	340.90
30	762	111.86	148.75	167.12	185.44	203.72	221.94	234.67	240.11	258.24	276.32	294.34	312.32	330.25	348.13	365.95
32	812.8	119.37	158.77	178.40	197.97	217.50	236.97	250.58	256.40	275.78	295.11	314.39	333.62	352.80	371.93	391.01
34	863.6	126.89	168.79	189.67	210.50	231.28	252.01	266.49	272.69	293.32	313.90	334.43	354.91	375.34	395.73	416.06
36	914.4	134.41	178.81	200.94	223.03	245.06	267.04	282.40	288.97	310.85	332.69	354.47	376.21	397.89	419.53	441.12
38	965.2	141.92	188.84	212.22	235.55	258.84	282.07	298.31	305.26	328.39	351.48	374.52	397.50	420.44	443.33	466.17
40	1016	149.44	198.86	223.49	248.08	272.62	297.10	314.22	321.54	345.93	370.27	394.56	418.80	442.99	467.13	491.23
42	1066.8	156.96	208.88	234.77	260.61	286.40	312.14	330.13	337.83	363.47	389.06	414.60	440.10	465.54	490.94	516.28
44	1117.6	164.47	218.90	246.04	273.13	300.18	327.17	346.03	354.11	381.01	407.85	434.65	461.39	488.09	514.74	541.34
46	1168.4	171.99	228.92	257.32	285.66	313.96	342.20	361.94	370.40	398.55	426.64	454.69	482.69	510.64	538.54	566.39
48	1219.2	179.51	238.95	268.59	298.19	327.74	357.23	377.85	386.68	416.08	445.43	474.73	503.99	533.19	562.34	591.45
50	1270	187.02	248.97	279.87	310.72	341.52	372.27	393.76	402.97	433.62	464.22	494.78	525.28	555.74	586.14	616.50
52	1320.8	194.54	258.99	291.14	323.24	355.30	387.30	409.67	419.25	451.16	483.02	514.82	546.58	578.29	609.95	641.55
54	1371.6	202.05	269.01	302.42	335.77	369.08	402.33	425.58	435.54	468.70	501.81	534.87	567.88	600.84	633.75	666.61
56	1422.4	209.57	279.03	313.69	348.30	382.86	417.37	441.49	451.83	486.24	520.60	554.91	589.17	623.39	657.55	691.66
58	1473.2	217.09	289.05	324.96	360.83	396.64	432.40	457.40	468.11	503.77	539.39	574.95	610.47	645.93	681.35	716.72
60	1524	224.60	299.08	336.24	373.35	410.42	447.43	473.31	484.40	521.31	558.18	595.00	631.76	668.48	705.15	741.77
62	1574.8	232.12	309.10	347.51	385.88	424.20	462.46	489.22	500.68	538.85	576.97	615.04	653.06	691.03	728.95	766.83
64	1625.6	239.64	319.12	358.79	398.41	437.98	477.50	505.13	516.97	556.39	595.76	635.08	674.36	713.58	752.76	791.88

TABLE: Element Forces - Area Shells									
Area	ShellType	OutputCase	CaseType	F11	F22	F12	M11	M22	M12
Text	Text	Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,326	-0,00161	-0,528	3,08562	3,3796	-0,59386
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,296	-0,152	-0,358	2,1536	2,01076	-1,40667
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,791	-0,053	-0,199	-0,87769	-5,84916	-0,94229
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,821	0,097	-0,37	-1,63012	-9,61373	-0,12948
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,306	0,01	-0,096	0,63644	0,31758	-0,1034
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,291	-0,062	-0,00484	0,41218	-0,0669	-0,27945
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,56	-0,00862	0,00587	-0,10884	-1,44549	-0,19931
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,574	0,064	-0,086	-0,40938	-2,26488	-0,02326
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL4	Combination	0,396	0,005055	-0,458	3,05629	3,11101	-0,59361
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL4	Combination	0,364	-0,154	-0,279	2,11385	1,68461	-1,4168
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL4	Combination	0,881	-0,051	-0,151	-0,90842	-6,08542	-0,95423
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL4	Combination	0,913	0,108	-0,331	-1,70048	-9,90392	-0,13104
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL5	Combination	0,236	0,003512	-0,166	0,66577	0,58617	-0,10365
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL5	Combination	0,223	-0,06	-0,084	0,45193	0,25925	-0,26932
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL5	Combination	0,47	-0,01	-0,042	-0,07812	-1,20923	-0,18737
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL5	Combination	0,482	0,053	-0,125	-0,33901	-1,97469	-0,02169
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL7	Combination	0,26	0,002914	-0,284	0,17775	0,22489	0,02722
366	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL7	Combination	0,238	-0,106	-0,156	0,02302	-0,18857	-0,19527

TABLE: Element Forces - Area Shells									
Area	ShellType	OutputCase	CaseType	F11	F22	F12	M11	M22	M12
Text	Text	Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
3134	Shell-Thin	1,2DL	Combination	-0,426	0,07	-0,221	0,37324	0,37098	0,09616
3134	Shell-Thin	1,2DL	Combination	-0,422	0,09	-0,173	0,49671	0,24537	0,12681
3134	Shell-Thin	1,2DL	Combination	-0,212	0,132	-0,06	0,30589	0,38449	0,01663
3134	Shell-Thin	1,2DL	Combination	-0,216	0,112	-0,108	0,83522	0,97472	-0,01402
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL	Combination	-1,015	0,103	-0,4	2,09734	2,68019	0,47061
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL	Combination	-1,01	0,127	-0,293	2,16602	1,88995	0,7966
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL	Combination	-0,606	0,208	-0,069	2,29053	3,19421	0,30253
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL	Combination	-0,61	0,184	-0,175	4,12205	5,60236	-0,02345
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	-0,971	0,165	-0,368	2,33509	2,71584	0,69399
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	-0,968	0,228	-0,262	2,44067	2,08613	1,05057
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	-0,579	0,319	-0,02	2,65985	3,25202	0,54978
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	-0,582	0,256	-0,135	4,7388	6,07508	0,19016
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	-1,214	0,072	-0,45	1,95127	2,38371	0,28664

TABLE: Element Forces - Area Shells									
Area	ShellType	OutputCase	CaseType	F11	F22	F12	M11	M22	M12
Text	Text	Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
3134	Shell-Thin	1,2DL + 1,6LL + 1,6CL	Combination	1,202	0,087	-0,333	2,0268	1,7617	0,5891
3134	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL7	Combination	0,372	0,177	-0,168	4,32626	5,50577	-0,26005
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	0,754	0,329	-0,346	-9,51612	-2,09366	0,2264
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	0,667	-0,106	-0,578	3,05954	3,38655	0,76936
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	1,481	0,057	-0,477	1,4988	1,85268	1,59763
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	1,568	0,492	-0,246	-5,64398	-0,94797	1,05467
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,603	0,308	-0,304	-9,29697	-1,52689	0,22354
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	0,522	-0,097	-0,515	3,06869	3,52927	0,76006
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	1,264	0,051	-0,421	1,53341	2,0338	1,57855
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	1,345	0,456	-0,21	-5,61446	-1,09862	1,04203
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,513	0,177	-0,206	-2,24116	-1,13167	0,04991
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,466	-0,055	-0,335	0,54181	0,50794	0,16659
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL3	Combination	0,915	0,034	-0,284	0,18676	0,1447	0,34285
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL5	Combination	1,094	0,41	-0,111	-5,54494	-0,91612	1,04142
3449	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL7	Combination	0,454	0,236	-0,262	-2,15086	-0,60786	0,05741

TABLE: Element Forces - Area Shells

Area	ShellType	OutputCase	CaseType	F11	F22	F12	M11	M22	M12
Text	Text	Text	Text	Tonf/m	Tonf/m	Tonf/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m	Tonf-m/m
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,6BL + 1,0LL	Combination	- 0,787	0,158	-0,035	3,95384	4,05819	0,04085
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,6BL + 1,0LL	Combination	- 0,769	0,247	-0,161	2,23993	2,32284	-0,19332
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,6BL + 1,0LL	Combination	- 0,955	0,209	0,093	2,11674	1,482	-0,57768
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,6BL + 1,0LL	Combination	- 0,973	0,121	0,219	2,50275	2,17927	-0,34351
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,3ML + 1,0LL	Combination	- 0,211	2,454	1,855	3,96573	4,25652	0,0747
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,3ML + 1,0LL	Combination	- 0,044	3,287	1,759	2,34122	2,68718	-0,15921
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,3ML + 1,0LL	Combination	- 0,354	3,225	2,176	2,16637	1,78158	-0,49918
4685	Shell-Thin	1,2DL + 1,3ML + 1,0LL	Combination	- 0,521	2,392	2,272	2,55807	2,39566	-0,26527
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	- 1,024	0,204	-0,016	5,74207	5,71505	-0,0078
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	- 0,996	0,344	-0,173	3,29507	3,17994	-0,39785
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	- 1,248	0,294	0,154	2,95601	1,95126	-0,94501
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL1	Combination	- 1,276	0,154	0,311	3,5542	2,8903	-0,55496
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	- 0,963	0,181	0,053	5,59092	5,9434	0,1182
4685	Shell-Thin	1,3DL + 1,6LL2	Combination	- -0,94	0,298	-0,102	3,23968	3,44974	-0,24893

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa Desain Struktur Dermaga Peti Kemas di Pelabuhan Murhum Baubau, Sulawesi Tenggara, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari analisa penetapan tata letak dan dimensi ditetapkan sebagai berikut :
 - a. Dengan analisis kapal 15.000 DWT diperoleh elevasi apron dermaga yaitu +4.700 mLWS dengan panjang dermaga 200 meter dan lebar 29 meter.
 - b. Panjang trestle dari garis pantai sampai lokasi dermaga yaitu 165 meter yang dibagi menjadi 3 segmen dan lebar dermaga 7 meter.
 - c. Pelat lantai kendaraan pada dermaga yaitu 350 mm dan trestle tebal pelat lantai 300 mm.
 - d. Dimensi balok dermaga dan trestle diperlihatkan pada tabel 7.1. dan 7.2.

Tabel 7.1. Dimensi balok dermaga

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B1. Balok Crane	200	100	Dermaga
2	B2. Balok Melintang	180	100	Dermaga
3	B3. Balok Memanjang	180	100	Dermaga

Tabel 7.2. Dimensi balok trestle

No.	Tipe Balok	Dimensi		Lokasi
		h (cm)	b (cm)	
1	B4. Balok Memanjang	70	35	Trestle
2	B5. Balok Melintang	70	35	Trestle

- e. Dimensi Pile Cap (Poer) ditetapkan seperti pada tabel 7.3. dan penulangan tulangan pile cap dapat dilihat pada tabel 7.4.

Tabel 7.3. Dimensi pile cap

Type	Dimensi (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
PC1	2000 x 2000 x 1500	1	Tiang tegak dermaga Ø 812.8
PC2	2000 x 4000 x 1500	2	Tiang miring dermaga Ø 812.8
PC3	2000 x 2000 x 1000	1	Tiang tegak trestle Ø 762

- f. Direncanakan menggunakan tiang pancang baja dengan ukuran sebagai berikut :

Tabel 7.4. Tipe pancang dermaga

No	Type	Dimensi (mm)		Posisi
		diameter (mm)	Tebal (mm)	
1	TP1	812,8	16	Tegak
2	TP2	812,8	16	Miring
3	TP3	762	18	Tegak

2. Dari analisa pembebanan diperoleh kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Perhitungan energy sandar kapal 15.000 DWT sebesar 57,90 ton, maka dipasang fender dengan tipe SM800H dengan ukuran 3400 mm pada dermaga.
 - b. Gaya tarik kapal maksimum yang diakibatkan oleh gaya angin tegak lurus pada saat kapal kosong yaitu sebesar 102,916 ton, dengan jumlah bollard sebanyak 4 unit yang terletak di dermaga yang bertujuan menahan gaya tambat kapal 15.000 DWT.
3. Dari analisa struktur diperoleh penulangan elemen – elemen struktur yang telah dikontrol stabilitasnya terhadap retak dan lendutan sebagai berikut :
 - a. Pada pelat dermaga direncanakan tebal 350 mm dan pelat trestle tebal 300 mm. Kebutuhan tulangan pada dermaga diperlihatkan pada tabel 7.5 dan kebutuhan tulangan pada trestle pada tabel 7.6.

Tabel 7.5. Kebutuhan tulangan pelat dermaga

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x	y	t		D (mm)	S
1	S1	5500	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
2	S2	5000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
3	S3	1000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100
4	S4	2000	6000	350	Mlx	16	100
					Mly	16	100
					Mtx	16	100
					Mty	16	100

Tabel 7.6. Kebutuhan tulangan pelat trestle.

No	Tipe Plat	Dimensi (mm)			Momen	Tulangan	
		x	y	t		D (mm)	S
1	S5	4000	5000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
2	S6	4000	4000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
3	S7	1500	5000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150
4	S8	1500	4000	300	Mlx	13	150
					Mly	13	150
					Mtx	13	150
					Mty	13	150

- b. Resume tulangan pada balok dermaga dan trestle ditampilkan pada tabel 7.7.

Tabel 7.7. Kebutuhan tulangan balok dermaga dan trestle

B1	2000 x 1000	
	Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	16 D29	16 D29
Lentur tekan	8 D29	8 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D29	8 D29
B2	1800 x 1000	
	Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	14 D29	14 D29
Lentur tekan	6 D29	6 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D22	8 D22
B3	1800 x 1000	
	Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	14 D29	14 D29
Lentur tekan	6 D29	6 D29
Sengkang	4Ø 13 - 150	4Ø 13 - 175
Torsi	8 D22	8 D22
B4	700 x 350	
	Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	6 D19	6 D19
Lentur tekan	4 D19	4 D19
Sengkang	Ø 13 - 100	Ø 13 - 150
Torsi	4 D19	4 D19
B5	700 x 350	
	Tumpuan	Lapangan
Lentur tarik	6 D19	6 D19
Lentur tekan	4 D19	4 D19
Sengkang	Ø 13 - 50	Ø 13 - 150
Torsi	4 D19	4 D19

Tabel 7.8. Dimensi pile cap

Type	Dimensi (mm)	Jumlah Tiang	Keterangan
PC1	2000 x 2000 x 1500	1	Tiang tegak dermaga Ø 812.8
PC2	2000 x 4000 x 1500	2	Tiang miring dermaga Ø 812.8
PC3	2000 x 2000 x 1000	1	Tiang tegak trestle Ø 762

Tabel 7.9. Kebutuhan tulangan pile cap

No	Type	Dimensi (cm)	Tulangan			
			X		Y	
			D (mm)	S (mm)	D (mm)	S (mm)
1	PC1	200 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 200
2	PC2	400 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 100
3	PC3	200 x 200 x 150	D 19	- 200	D 19	- 200

7.2 Saran

Dalam merencanakan struktur dermaga perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan estetika sehingga diharapkan perencanaan dapat dilaksanakan mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan dan hasil yang diperoleh sesuai dengan tujuan perencanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- BAAK, 2011. *Aturan Penyusunan Tugas Akhir*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2002, *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 201x, *Perancangan Jembatan Terhadap Gempa (RSNI 2833-201x)*, Jakarta
- Kramadibrata, Soedjono. 2002. *Perencanaan Pelabuhan*. ITB.
- Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bridge Management System (BMS)*. 1992. Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga.
- Standard Design Criteria for Port in Indonesia*, 1984. Maritime Development Programme Directorate General of Sea Communications. Jakarta.
- Sosrodarsono, Suyono dan Kazuto Nakazawa. 1980. *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*. Cetakan ke tujuh. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Technical Standards For Port and Harbour Facilities in Japan*. 1980. Japan. Bureau of Ports and Harbours, Ministry of Transport.
- Triatmodjo, Bambang. 2008. *Pelabuhan*. Beta offset

BIODATA PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Azfajar Maulana Karim dilahirkan di Bulukumba, 15 Juni 1993, merupakan anak keempat dari 5 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Angkasa Pura, SD Angkasa Pura 1 (1999-2005), SMPN 9 Makassar (2005-2008) dan melanjutkan di SMAN 4 Makassar (2008-2011). Pada

tahun 2011, penulis diterima di Program Studi Diploma III Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang dengan NIM 311 11 032. Di Program Studi Diploma III Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Gedung. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan jenjang Sarjana pada Program Studi Diploma IV Teknik Sipil FTSP-ITS dengan NRP 3114.040.606. Di Program Studi Diploma IV Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Bangunan Transportasi.